



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

工业互联网平台白皮书

(2017年)

工业互联网产业联盟 (AII)
2017年11月

工业互联网平台白皮书

(2017)

工业互联网产业联盟 (AII)

2017 年 11 月

编写说明

工业互联网平台作为工业全要素链接的枢纽与工业资源配置的核心，在工业互联网体系架构中具有至关重要的地位。近期，国务院《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》明确将构建网络、平台、安全三大功能体系作为其重点任务。在工业和信息化部信息化和软件服务业司的指导下，工业互联网产业联盟组织编写了《工业互联网平台白皮书》，希望加强研究与交流，与业界共同推动工业互联网平台发展。

白皮书主要分为五个部分。第一部分重点提出了工业互联网平台的体系架构与关键要素，明确了工业互联网平台是什么，有哪些功能和作用。第二部分提出了工业互联网平台的技术体系，并重点对平台层、边缘层与应用层的主要技术创新趋势进行了探讨。第三部分明确了工业互联网平台的产业体系，提出当前平台布局的四种路径，以及平台与应用生态构建的主要模式。第四部分提出了工业互联网平台的主要应用场景及案例。第五部分则重点面向平台企业，提出了平台发展的相关建议。

白皮书编写过程中得到了联盟成员及国内外众多平台企业的大力支持。相关企业不仅结合自身平台发展情况，从平台功能与应用案例等方面给予了大量素材支持，更是进行了多次现场调研和探讨，为白皮书观点的形成与落地提供了有力支撑。

白皮书编写过程中获得了众多专家的指导与帮助。特别感谢工信部信息化和软件服务业司谢少锋司长、安筱鹏副司长对白皮

书的全面指导。同时，清华大学访问学者郭朝晖、走向智能研究院执行院长赵敏、国务院发展研究中心研究员李广乾、e-works 数字化企业网总编黄培、走向智能研究院执行秘书长苏明灯、工业 4.0 研究院副院长王明芬等专家在白皮书成稿过程中也提出了许多建设性意见，在此一并致谢。

工业互联网平台的发展总体还处于起步阶段，当前我们对工业互联网平台的认识也还是初步和阶段性的，后续我们将根据工业互联网平台的发展情况和来自各界的反馈意见，在持续深入研究的基础上适时修订和发布新版报告。

指导单位：工业和信息化部信息化和软件服务业司

组织单位：工业互联网产业联盟

编写单位：中国信息通信研究院、航天云网科技发展有限公司、树根互联技术有限公司、海尔工业智能研究院、中国电信集团公司、华为技术有限公司、清华大学、北京和利时智能技术有限公司、用友网络科技股份有限公司、索为系统公司、东方国信科技股份有限公司、中国船舶工业系统工程研究院、北京工业大数据创新中心、寄云科技、普奥云信息科技（北京）有限公司、中国移动集团公司、石化盈科信息技术有限责任公司、浪潮集团有限公司、阿里云计算有限公司、360 企业安全集团、上海宝信软件股份有限公司、智能云科信息技术有限公司、深圳美云智数科技有限公司、机智云、富士康科技集团、通用电气数字化集团、参数技术（上海）软件有限公司、ABB(中国)有限公司、施耐德电气（中国）有限公司、西门子（中国）有限公司

把握工业互联网平台发展的战略机遇

工业互联网是新一代信息通信技术与现代工业技术深度融合的产物，是制造业数字化、网络化、智能化的重要载体，也是全球新一轮产业竞争的制高点。党的十九大报告指出，“加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合。”2017年10月30日，国务院常务会审议通过《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，促进实体经济振兴，加快转型升级。工业互联网通过构建连接机器、物料、人、信息系统的基础网络，实现工业数据的全面感知、动态传输、实时分析，形成科学决策与智能控制，提高制造资源配置效率，正成为领军企业竞争的新赛道、全球产业布局的新方向、制造大国竞争的新焦点。作为工业互联网三大要素，工业互联网平台是工业全要素链接的枢纽，是工业资源配置的核心，对于振兴我国实体经济、推动制造业向中高端迈进具有重要意义。

工业互联网平台是面向制造业数字化、网络化、智能化需求，构建基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的工业云平台。其本质是通过构建精准、实时、高效的数据采集互联体系，建立面向工业大数据存储、集成、访问、分析、管理的开发

环境，实现工业技术、经验、知识的模型化、标准化、软件化、复用化，不断优化研发设计、生产制造、运营管理等资源配置效率，形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的制造业新生态。关于工业互联网平台有四个定位：

第一，工业互联网平台是传统工业云平台的迭代升级。从工业云平台到工业互联网平台演进包括成本驱动导向、集成应用导向、能力交易导向、创新引领导向、生态构建导向五个阶段，工业互联网平台在传统工业云平台的软件工具共享、业务系统集成基础上，叠加了制造能力开放、知识经验复用与开发者集聚的功能，大幅提升工业知识生产、传播、利用效率，形成海量开放 APP 应用与工业用户之间相互促进、双向迭代的生态体系。**第二，工业互联网平台是新工业体系的“操作系统”。**工业互联网的兴起与发展将打破原有封闭、隔离又固化的工业系统，扁平、灵活而高效的组织架构将成为新工业体系的基本形态。工业互联网平台依托高效的设备集成模块、强大的数据处理引擎、开放的开发环境工具、组件化的工业知识微服务，向下对接海量工业装备、仪器、产品，向上支撑工业智能化应用的快速开发与部署，发挥着类似于微软 Windows、谷歌 Android 系统和苹果 iOS 系统的重要作用，支撑构建了基于软件定义的高度灵活与智能的工业体系。**第三，工业互联网平台是资源集聚共享的有效载体。**工业互联网平台将信息流、资金流、人才创意、制造工具和

制造能力在云端汇聚，将工业企业、信息通信企业、互联网企业、第三方开发者等主体在云端集聚，将数据科学、工业科学、管理科学、信息科学、计算机科学在云端融合，推动资源、主体、知识集聚共享，形成社会化的协同生产方式和组织模式。**第四，工业互联网平台是打造制造企业竞争新优势的关键抓手。**当前，GE、西门子等国际领军企业围绕“智能机器+云平台+工业 APP”功能架构，整合“平台提供商+应用开发者+海量用户”等生态资源，抢占工业数据入口主导权、培育海量开发者、提升用户粘性，不断建立、巩固和强化以平台为载体、以数据为驱动的工业智能化新优势，抢占新工业革命的制高点。

说得形象一点，工业互联网平台是两化融合的“三明治”版。第一，底层是由信息技术企业主导建设的云基础设施 IaaS 层，在这一领域，我国与发达国家处在同一起跑线，阿里、腾讯、华为等云计算基础设施已达到国际先进水平。第二，中间层是由工业企业主导建设的工业 PaaS 层，其核心是将工业技术、知识、经验、模型等工业原理封装成微服务功能模块，供工业 APP 开发者调用，因此工业 PaaS 的建设者多为了解行业本身的工业企业，如 GE、西门子、PTC 以及我国的航天科工、三一重工、海尔集团均是基于通用 PaaS 进行二次开发，支持容器技术、新型 API 技术、大数据及机器学习技术，构建了灵活开放与高性能分析的工业 PaaS 产品。第

三，最上层是由互联网企业、工业企业、众多开发者等多方主体参与应用开发的工业 APP 层，其核心是面向特定行业、特定场景开发在线监测、运营优化和预测性维护等具体应用服务。

对于工业互联网平台，可以用三句话来概括：

第一句，数据采集是基础。其本质是利用泛在感知技术对多源设备、异构系统、运营环境、人等要素信息进行实时高效采集和云端汇聚。当前数据采集面临的突出问题是，受制于传感器部署不足、装备智能化水平低，工业现场存在数据采集数量不足、类型较少、精度不高等问题，无法支撑实时分析、智能优化和科学决策。无论是跨国公司，还是国内平台企业，都把数据采集体系建设和解决方案能力建设作为工业互联网平台建设的基础：一方面通过构建一套能够兼容、转换多种协议的技术产品体系，实现工业数据互联互通互操作，另一方面通过部署边缘计算模块，实现数据在生产现场的轻量级运算和实时分析，缓解数据向云端传输、存储和计算压力。

第二句，工业 PaaS 是核心。其本质是在现有成熟的 IaaS（基础设施即服务）平台上构建一个可扩展的操作系统，为工业应用软件开发提供一个基础平台。工业 PaaS 面临的突出问题是开发工具不足、行业算法和模型库缺失、模块化组件化能力较弱，现有通用 PaaS 平台尚不能完全满足工业级

应用需要。当前，工业 PaaS 建设的总体思路是，通过对通用 PaaS 平台的深度改造，构造满足工业实时、可靠、安全需求的云平台，将大量工业技术原理、行业知识、基础模型规则化、软件化、模块化，并封装为可重复使用和灵活调用的微服务，降低应用程序开发门槛和开发成本，提高开发、测试、部署效率，为海量开发者汇聚、开放社区建设提供支撑和保障。工业 PaaS 是当前领军企业布局的重点，是平台核心能力的集中体现，也是当前生态竞争的焦点。

第三句，工业 APP 是关键。主要表现为面向特定工业应用场景，激发全社会资源推动工业技术、经验、知识和最佳实践的模型化、软件化、再封装（即工业 APP），用户通过对工业 APP 的调用实现对特定制造资源的优化配置。工业 APP 面临的突出问题是，传统的生产管理软件云化步伐缓慢，专业的工业 APP 应用较少，应用开发者数量有限，商业模式尚未形成。工业 APP 发展的总体思路是，一方面，传统的 CAx、ERP、MES 等研发设计工具和运营管理软件加快云化改造，基于工业 PaaS 实现了云端部署、集成与应用，满足企业分布式管理和远程协作的需要；另一方面，围绕多行业、多领域、多场景的云应用需求，大量开发者通过对工业 PaaS 层微服务的调用、组合、封装和二次开发，开发形成面向特定行业特定场景的工业 APP。

从全球工业互联网平台发展的总体情况来看，技术体系

初步形成，产业生态逐渐成熟，应用场景日趋丰富。在**技术体系方面**，数据集成和边缘处理技术、IaaS 技术、平台通用使能技术、工业数据建模和分析技术、工业大数据计算技术、应用开发和微服务技术、平台安全技术共同构成了工业互联网平台的技术体系，边缘数据集成处理、通用平台二次开发、工业机理与大数据融合、微服务组件调用是当前工业互联网平台构建的主要方式。在**产业生态方面**，五大支撑、四大主体、两类用户共同构成了工业互联网平台的产业体系，工业企业、信息技术企业、垂直领域企业、软件企业、互联网企业结合自身优势从不同路径开展平台产业布局，基于平台提供开发环境、工业知识积累、微服务组件、大数据分析引擎，成为跨界企业与第三方开发者共同构建平台产业生态的关键支撑。在**应用场景方面**，工业现场的生产过程优化、企业运营的运营决策优化、企业间协同的资源配置优化、产品全生命周期的管理服务优化是工业互联网平台的四大典型应用，平台的应用领域正从单个设备、单个工艺、单个企业向全要素、全产业链、全生命周期领域拓展，带动传统产业实现智能化转变。

当前，全球领先企业工业互联网平台正处于规模化扩张的关键期，而我国工业互联网建设仍处于起步阶段，发展基础和能力薄弱，跨行业、跨领域的综合性平台尚未形成，面向特定行业特定领域的企业级平台影响力不强，亟需加强统

筹协调，充分发挥政府、企业、研究机构等各方合力，把握全球工业互联网平台市场格局、技术标准未定的战略窗口期，抢占基于工业互联网平台的制造业生态发展主动权和话语权，打造新型工业体系，加快形成培育经济增长新动能。下一步，要从“供给侧”和“需求侧”两端发力，坚持“建平台”与“用平台”双轮驱动，培育一批跨行业、跨领域的综合能力平台和解决企业数字化、网络化、智能化发展需求的企业级平台，开展工业互联网平台技术验证与测试评估，组织实施百万工业企业上云和百万工业 APP 培育工程。要坚持“补短板”与“建生态”相互协调，实施工业技术软件化工程，促进软件技术与工业技术深度融合，构建工业互联网的产业支撑体系。要坚持“保安全”与“促发展”相互促进，加快形成发展工业互联网的安全保障体系。

工业互联网平台是推动制造业与互联网融合发展的重要抓手，基于工业互联网平台的制造业生态正成为产业竞争的“风口”，发展的机遇稍纵即逝，需要在技术研发、标准研制和产业应用等方面尽早部署。为此，我司指导中国信息通信研究院，联合国内相关单位，编撰形成了《工业互联网平台白皮书（2017）》。本白皮书在编写过程中集众人之智、采众家之长，是对新形势下工业互联网平台技术演进、产业发展和应用模式的阶段性提炼和总结。下一步，要围绕工业互联网平台培育、测试验证、能力评估及标准体系建设等方面，

统筹开展工作。希望能够通过白皮书为相关人员提供参考，通过社会各界共同努力，为我国工业互联网平台的发展贡献一份力量，共同推动我国工业互联网平台产业进步、应用繁荣。

是为序。

安筱鹏

2017 年 11 月 18 日

目 录

一、工业互联网平台的内涵.....	1
(一) 工业互联网平台发展背景.....	1
(二) 工业互联网平台体系架构.....	3
(三) 工业互联网平台核心作用.....	5
二、工业互联网平台技术体系.....	7
(一) 工业互联网平台七大核心技术交织融合.....	7
(二) 平台架构, PaaS 以其开放灵活特性成为主流选择 ...	11
(三) 应用创新, 工业机理与数据科学走向融合.....	13
(四) 功能下沉, 边缘与云端协同成为平台重要发展方向 ..	15
(五) 开发框架, 微服务等新型架构大幅降低开发难度与创新 成本.....	17
三、工业互联网平台产业生态.....	19
(一) 四类平台企业、五大支撑主体、两类平台用户共同构筑 平台产业体系.....	19
(二) 企业从自身优势出发加快平台布局, 形成四种路径 ..	21
(三) 开放合作与封闭自建并举, 多种方式开展平台构建 ..	25
(四) 应用创新生态打造已成为平台发展关键.....	26
四、工业互联网平台应用场景.....	29

（一）平台应用由单点智能向全局智能、由状态监测向复杂分析演进.....	29
（二）工业互联网平台当前总体应用于四大场景.....	32
五、工业互联网平台发展建议.....	38
（一）充分利用现有成熟技术，快速构建平台.....	38
（二）强化工业知识积累与分析能力，增强平台核心竞争力	38
（三）注重开放创新，打造平台应用生态.....	38
（四）聚焦优势领域，实现平台差异化发展.....	39
（五）构建标准体系，促进互联互通.....	39
（六）确保安全可靠，推动可信发展.....	40

工业互联网平台介绍及案例目录

航天云网-INDICS 平台	43
树根互联-根云平台	45
海尔-COSMOPlat 平台	47
中国电信-CPS 平台	49
华为-OceanConnect IoT 平台	51
和利时-HiaCloud 平台	53
用友-精智 用友工业互联网平台	55
索为-SYSWARE 平台	57
东方国信-BIOP 平台	59
中船工业-船舶工业智能运营平台	61
寄云-NeuSeer 平台	63
普奥云-ProudThink 平台	65
中国移动-OneNET 平台	67
石化盈科-ProMACE 平台	69
浪潮-浪潮工业互联网平台	71
阿里巴巴-阿里云 ET 工业大脑平台	73
宝信-宝信工业互联网平台	75

智能云科- iSESOL 平台	77
美云智数-MeiCloud 平台	79
机智云-Gizwits IOT Enterprise 平台	81
富士康-BEACON 平台	83
GE-Predix 平台	85
PTC-ThingWorx 平台	87
ABB-ABB Ability 平台	89
施耐德-EcoStruxure 平台	91
西门子-MindSphere 平台	93

一、工业互联网平台的内涵

（一）工业互联网平台发展背景

1. 制造业变革与数字经济发展实现历史性交汇

金融危机后，全球新一轮产业变革蓬勃兴起，制造业重新成为全球经济发展的焦点。世界主要发达国家采取了一系列重大举措推动制造业转型升级，德国依托雄厚的自动化基础，推进工业4.0。美国在实施先进制造战略的同时，大力发展工业互联网。法、日、韩、瑞典等国也纷纷推出制造业振兴计划。各国新型制造战略的核心都是通过构建新型生产方式与发展模式，推动传统制造业转型升级，重塑制造强国新优势。与此同时，数字经济浪潮席卷全球，驱动传统产业加速变革。特别是以互联网为代表的信息通信技术的发展极大地改变了人们的生活方式，构筑了新的产业体系，并通过技术和模式创新不断渗透影响实体经济领域，为传统产业变革带来巨大机遇。伴随制造业变革与数字经济浪潮交汇融合，云计算、物联网、大数据等信息技术与制造技术、工业知识的集成创新不断加剧，工业互联网平台应运而生。

2. 制造业智能化对平台工具提出新需求

当前制造业正处在由数字化、网络化向智能化发展的重要阶段，其核心是基于海量工业数据的全面感知，通过端到端的数据深度集成与建模分析，实现智能化的决策与控制指令，形成智能

化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等新型制造模式。这一背景下，传统数字化工具已经无法满足需求。一是**工业数据的爆发式增长需要新的数据管理工具**。随着工业系统由物理空间向信息空间、从可见世界向不可见世界延伸，工业数据采集范围不断扩大，数据的类型和规模都呈指数级增长，需要一个全新数据管理工具，实现海量数据低成本、高可靠的存储和管理。二是**企业智能化决策需要新的应用创新载体**。数据的丰富为制造企业开展更加精细化和精准化管理创造了前提，但工业场景高度复杂，行业知识千差万别，传统由少数大型企业驱动的应用创新模式难以满足不同企业的差异化需求，迫切需要一个开放的应用创新载体，通过工业数据、工业知识与平台功能的开放调用，降低应用创新门槛，实现智能化应用的爆发式增长。三是**新型制造模式需要新的业务交互手段**。为快速响应市场变化，制造企业间在设计、生产等领域的并行组织与资源协同日益频繁，要求企业设计、生产和管理系统都要更好支持与其他企业的业务交互，这就需要一个新的交互工具，实现不同主体、不同系统间的高效集成。**海量数据管理、工业应用创新与深度业务协同，是工业互联网平台快速发展的主要驱动力量。**

3. 信息技术加速渗透并深刻影响制造业发展模式

新型信息技术重塑制造业数字化基础。云计算为制造企业带来更灵活、更经济、更可靠的数据存储和软件运行环境，物联网帮助制造企业有效收集设备、产线和生产现场成千上万种不同类

型的数据，人工智能强化了制造企业的数据洞察能力，实现智能化的管理和控制，这些都是推动制造企业数字化转型的新基础。**开放互联网理念变革传统制造模式。**通过网络化平台组织生产经营活动，制造企业能够实现资源快速整合利用，低成本快速响应市场需求，催生个性化定制、网络化协同等新模式新业态。**平台经济不断创新商业模式。**信息技术与制造技术的融合带动信息经济、知识经济、分享经济等新经济模式加速向工业领域渗透，培育增长新动能。**互联网技术、理念和商业模式成为构建工业互联网平台的重要方式。**

（二）工业互联网平台体系架构

工业互联网平台是面向制造业数字化、网络化、智能化需求，构建基于海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的工业云平台，包括边缘、平台（工业 PaaS）、应用三大核心层级。可以认为，工业互联网平台是工业云平台的延伸发展，其本质是在传统云平台的基础上叠加物联网、大数据、人工智能等新兴技术，构建更精准、实时、高效的数据采集体系，建设包括存储、集成、访问、分析、管理功能的**使能平台**，实现工业技术、经验、知识模型化、软件化、复用化，以**工业 APP** 的形式为制造企业各类创新应用，最终形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的制造业生态。



图 1：工业互联网平台功能架构图

第一层是边缘，通过大范围、深层次的数据采集，以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据基础。一是通过各类通信手段接入不同设备、系统和产品，采集海量数据；二是依托协议转换技术实现多源异构数据的归一化和边缘集成；三是利用边缘计算设备实现底层数据的汇聚处理，并实现数据向云端平台的集成。

第二层是平台，基于通用 PaaS 叠加大数据处理、工业数据分析、工业微服务等创新功能，构建可扩展的开放式云操作系统。一是提供工业数据管理能力，将数据科学与工业机理结合，帮助制造企业构建工业数据分析能力，实现数据价值挖掘；二是把技术、知识、经验等资源固化为可移植、可复用的工业微服务组件库，供开发者调用；三是构建应用开发环境，借助微服务组件和

工业应用开发工具，帮助用户快速构建定制化的工业 APP。

第三层是应用，形成满足不同行业、不同场景的工业 SaaS 和工业 APP，形成工业互联网平台的最终价值。一是提供了设计、生产、管理、服务等一系列创新性业务应用。二是构建了良好的工业 APP 创新环境，使开发者基于平台数据及微服务功能实现应用创新。

除此之外，工业互联网平台还包括 IaaS 基础设施，以及涵盖整个工业系统的安全管理体系，这些构成了工业互联网平台的基础支撑和重要保障。

泛在连接、云化服务、知识积累、应用创新是辨识工业互联网平台的四大特征。一是**泛在连接**，具备对设备、软件、人员等各类生产要素数据的全面采集能力。二是**云化服务**，实现基于云计算架构的海量数据存储、管理和计算。三是**知识积累**，能够提供基于工业知识机理的数据分析能力，并实现知识的固化、积累和复用。四是**应用创新**，能够调用平台功能及资源，提供开放的工业 APP 开发环境，实现工业 APP 创新应用。

（三）工业互联网平台核心作用

工业互联网平台能够有效集成海量工业设备与系统数据，实现业务与资源的智能管理，促进知识和经验的积累和传承，驱动应用和服务的开放创新。可以认为，**工业互联网平台是新型制造系统的数字化神经中枢，在制造企业转型中发挥核心支撑作用。**

当前来看，工业互联网平台已成为企业智能化转型重要抓手。

一是帮助企业实现智能化生产和管理。通过对生产现场“人机料法环”各类数据的全面采集和深度分析，能够发现导致生产瓶颈与产品缺陷的深层次原因，不断提高生产效率及产品质量。基于现场数据与企业计划资源、运营管理等数据的综合分析，能够实现更精准的供应链管理和财务管理，降低企业运营成本。**二是帮助企业实现生产方式和商业模式创新。**企业通过平台可以实现对产品售后使用环节的数据打通，提供设备健康管理、产品增值服务等新型业务模式，实现从卖产品到卖服务的转变，实现价值提升。基于平台还可以与用户进行更加充分的交互，了解用户个性化需求，并有效组织生产资源，依靠个性化产品实现更高利润水平。此外，不同企业还可以基于平台开展信息交互，实现跨企业、跨区域、跨行业的资源和能力集聚，打造更高效的协同设计、协同制造，协同服务体系。

未来，工业互联网平台可能催生新的产业体系。如同移动互联网平台创造了应用开发、应用分发、线上线下等一系列新的产业环节和价值，当前工业互联网平台在应用创新、产融结合等方面已显现出类似端倪，未来也有望发展成为一个全新的产业体系，促进形成大众创业、万众创新的多层次发展环境，真正实现“互联网+先进制造业”。

二、工业互联网平台技术体系

（一）工业互联网平台七大核心技术交织融合

工业互联网平台需要解决多类工业设备接入、多源工业数据集成、海量数据管理与处理、工业数据建模分析、工业应用创新与集成、工业知识积累迭代实现等一系列问题，涉及七大类关键技术，分别为数据集成和边缘处理技术、IaaS 技术、平台使能技术、数据管理技术、应用开发和微服务技术、工业数据建模与分析技术、安全技术。

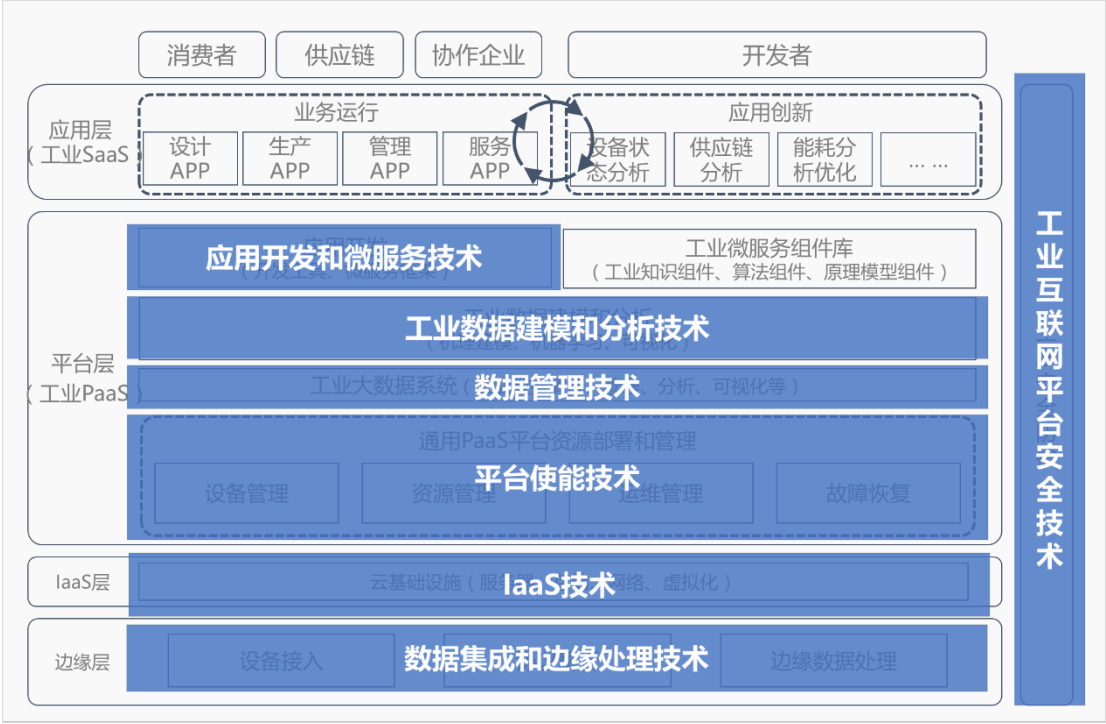


图 2：工业互联网平台关键技术体系图

1. 数据集成与边缘处理技术

设备接入：基于工业以太网、工业总线等工业通信协议，以太网、光纤等通用协议，3G/4G、NB-IOT 等无线协议将工业现场

设备接入到平台边缘层。

协议转换：一方面运用协议解析、中间件等技术兼容 ModBus、OPC、CAN、Profibus 等各类工业通信协议和软件通信接口，实现数据格式转换和统一。另一方面利用 HTTP、MQTT 等方式从边缘侧将采集到的数据传输到云端，实现数据的远程接入。

边缘数据处理：基于高性能计算芯片、实时操作系统、边缘分析算法等技术支撑，在靠近设备或数据源头的网络边缘侧进行数据预处理、存储以及智能分析应用，提升操作响应灵敏度、消除网络堵塞，并与云端分析形成协同。

2. IaaS 技术

基于虚拟化、分布式存储、并行计算、负载调度等技术，实现网络、计算、存储等计算机资源的池化管理，根据需求进行弹性分配，并确保资源使用的安全与隔离，为用户提供完善的云基础设施服务。

3. 平台使能技术

资源调度：通过实时监控云端应用的业务量动态变化，结合相应的调度算法为应用程序分配相应的底层资源，从而使云端应用可以自动适应业务量的变化。

多租户管理：通过虚拟化、数据库隔离、容器等技术实现不同租户应用和服务的隔离，保护其隐私与安全。

4. 数据管理技术

数据处理框架：借助 Hadoop、Spark、Storm 等分布式处理

架构，满足海量数据的批处理和流处理计算需求。

数据预处理：运用数据冗余剔除、异常检测、归一化等方法对原始数据进行清洗，为后续存储、管理与分析提供高质量数据来源。

数据存储与管理：通过分布式文件系统、NoSQL 数据库、关系数据库、时序数据库等不同的数据管理引擎实现海量工业数据的分区选择、存储、编目与索引等。

5. 应用开发和微服务技术

多语言与工具支持：支持 Java、Python、JavaScript、Ruby 和 PHP 等多种语言编译环境，并提供 Eclipse integration, JBoss Developer Studio、git 和 Jenkins 等各类开发工具，构建高效便捷的集成开发环境。

微服务架构：提供涵盖服务注册、发现、通信、调用的管理机制和运行环境，支撑基于微型服务单元集成的“松耦合”应用开发和部署。

图形化编程：通过类似 Labview 的图形化编程工具，简化开发流程，支持用户采用拖拽方式进行应用创建、测试、扩展等。

6. 工业数据建模与分析技术

数据分析算法：运用数学统计、机器学习及最新的人工智能算法实现面向历史数据、实时数据、时序数据的聚类、关联和预测分析。

机理建模：利用机械、电子、物理、化学等领域专业知识，

结合工业生产实践经验，基于已知工业机理构建各类模型，实现分析应用。

7. 安全技术

数据接入安全：通过工业防火墙技术、工业网闸技术、加密隧道传输技术，防止数据泄漏、被侦听或篡改，保障数据在源头和传输过程中安全。

平台安全：通过平台入侵实时检测、网络安全防御系统、恶意代码防护、网站威胁防护、网页防篡改等技术实现工业互联网平台的代码安全、应用安全、数据安全、网站安全。

访问安全：通过建立统一的访问机制，限制用户的访问权限和所能使用的计算资源和网络资源实现对云平台重要资源的访问控制和管理，防止非法访问。

在上述七大类技术中，通用平台使能技术、工业数据建模与分析技术、数据集成与边缘处理技术、应用开发和微服务技术正快速发展，对工业互联网平台的构建和发展产生深远影响。在平台层，PaaS 技术、新型集成技术和容器技术正加速改变信息系统的构建和组织方式。在边缘层，边缘计算技术极大的拓展了平台收集和管理数据的范围和能力。在应用层，微服务等新型开发框架驱动工业软件开发方式不断变革，而工业机理与数据科学深度融合则正在引发工业应用的创新浪潮。

（二）平台架构，PaaS 以其开放灵活特性成为主流选择

1. 基于通用 PaaS 的二次开发成为工业 PaaS 主要构建方式

PaaS 能够为上层工业 APP 开发屏蔽设备连接、软件集成与部署、计算资源调度的复杂性，大部分领先平台都依托通用 PaaS 向用户提供服务。例如 GE Predix 基于对 Cloud Foundry 的二次开发支持 Spring、.NET 等开发框架，提供 PostgreSQL、SQL Server、Redis 以及来自第三方和开源社区的应用服务，还包括 GitHub 代码库、Node.js、Bower 包管理器、Gulp、SASS、Web Component Tester 等多种开发工具，以便支持开发人员快速实现应用的开发与部署。其他主流平台也均采取类似策略，IBM Bluemix、西门子 MindSphere、BoschIoT Suite、航天云网 INDICS 等平台均基于 Cloud Foundry 搭建，树根互联根云 RootCloud、海尔 COSMOPlat 平台、寄云科技 NeuSeer 平台则分别基于 docker、Openshift 等进行构建。

2. 新型集成技术成为平台能力开放的重要手段

借助 REST API 等一系列 Web API 技术，大部分工业互联网平台中的设备、软件和服务通过 JSON、XML 等统一格式实现不同业务系统的信息交互和调度管理，为企业内外协同、云端协同、能力开放、知识共享奠定基础。**新型 API 技术为多源异构系统的快速集成提供有效支撑**，实现边缘设备与云端的集成、传统工业软件与云端的集成、平台内部不同软件 and 功能的集成。目前，Ayla、

Intel IoT、Zatar、Xively、Eurotech 等平台更是以 REST 协议为核心手段实现设备、应用程序、后端系统的全要素集成,此外, Predix、ThingWorx、Watson IoT 等绝大部分平台也都集成了 REST API 技术。**基于 API 技术的能力开放是平台发展的重点方向。**发那科 FIELDSystem 平台目前已经 200 多家公司开放 API,支持用户灵活调用平台的相关服务来开发个性化应用。Predix 基于 REST API 技术提供资产管理和位置控制的微服务,基于区块链技术提供数据完整性验证 API,基于大数据技术提供数据统计分析 API。IBM Watson IOT 平台基于 REST API 技术为工业应用提供连接、认知分析、实时分析、信息管理和风险管理等功能。

3. 容器技术支撑平台及应用的灵活部署

通过引入容器和无服务器计算等新型架构,能够实现平台和工业应用的灵活部署和快速迭代,以适应工业场景中海量个性化开发需求。**容器技术简化了硬件资源配置的复杂性,一方面实现了平台中服务和应用的灵活部署。**例如 IBM 将 Watson IOT 平台中的采集服务和 Watson Service 平台中的分析服务以容器形式封装后,可以实现图形化的快速应用构建。GE Predix 平台中训练形成的智能模型,利用容器技术可以直接部署在 Predix Machine 设备上。**另一方面,容器技术实现了平台自身的快速部署。**例如 PTC ThingWorx 平台 2017 年 6 月发布的 8.0 版本增加了基于 Docker 的部署方式,支持平台在不同公有云、私有云、混合云等多种基础设施上的快速构建和灵活迁移。SAP 在 docker

store 中提供 HANA 的应用速成 (express) 版, 打包内存计算引擎和数据分析算法, 使应用开发者可以在本地或云端快速开发基于 HANA 平台的数据分析应用和软件。

(三) 应用创新, 工业机理与数据科学走向融合

1. 对工业机理的深入理解是工业数据分析的重要前提

在长期工业发展过程中, 工业企业面向不同行业、不同场景、不同学科积累了大量经验与知识, 这些工业机理的理解和提炼能够对生产现象进行精准描述和有效分析, 对传统工业生产和管理优化起到重要作用。随着新型数据科学的兴起, 这些工业机理又能够有效指导数据分析过程中的参数选择和算法选择, 使其更加贴合工业生产特点。因此, 以 GE、西门子、博世等工业巨头均将自身工业经验知识进行提炼和封装, 作为其工业互联网平台的核心能力与竞争优势。例如, GE 公司将以往由工程师智囊团完成的飞行数据分析工作“搬上” Predix 平台, 专家在 Predix 平台的帮助下构建一个检测程序来根据航程的长短自动对比飞机起飞前后发动机滑油量, 实现滑油消耗的提前告警和运维, 从而将其航空发动机领域的专业知识和经验转化为平台上面向用户特殊应用需求的专业服务能力。

2. 大数据、机器学习技术驱动工业数据分析能力跨越式提升

工业互联网带来工业数据的爆发式增长, 传统数学统计与拟合方法难以满足海量数据的深度挖掘, 大数据与机器学习方法正

在成为众多工业互联网平台的标准配置。Spark、Hadoop、Storm 等大数据框架被广泛应用于海量数据的批处理和流处理，决策树、贝叶斯、支持向量机等各类机器学习算法，尤其是以深度学习、迁移学习、强化学习为代表的人工智能算法，正成为工业互联网平台解决各领域诊断、预测与优化问题的得力工具。例如，IBM 公司将人工智能系统 Watson 引入 Bluemix 中打造具备“AI+IoT”特色的 Watson IoT Platform，借助物联网强大的数据连接汇聚能力为智能系统 Watson 提供数据支撑，Watson 系统则凭借优势明显的认知、推理和学习功能寻找数据与结果之间的内在关联，并形成新的洞察力以帮助企业进行最优决策。

3. 数据科学与工业机理结合有效支撑复杂数据分析，驱动数字孪生发展

基于工业互联网平台，数据分析方法与工业机理知识正在加速融合，从而实现对复杂工业数据的深度挖掘，形成优化决策。例如，上海隧道工程股份有限公司通过与寄云合作，借助平台采集工业检测设备中的各类图像、距离、位置、转速、倾角、压力、流量、扭矩、功率等全部数据，基于岩土知识、功率曲线、扭矩曲线、屈服强度等工业知识机理标记（或提取）异常信息，对历史数据进行特征提取与模型训练，再接入实时数据进行异常预警，从而解决盾构硬岩掘进机 TBM 施工过程中的难题，突破传统解决方案的极限。随着融合的不断深化，基于精确建模、高效分析、实时优化的数字孪生快速发展，实现对工业对象和工业流程的全

面洞察。东方国信基于非稳态、多相、多物理场的数值模拟仿真技术、热力学和动力学模型、以及工业大数据分析技术等，建立虚实映射、实时监控、智能诊断、协同优化的数字孪生，实现对工业实体设计和工艺流程的仿真及优化，在炼铁，工业锅炉，水电，空压机，能源等多个行业或领域落地。

4. 工业知识正基于平台快速积累并实现高效传播与复用

通过数据积累、算法优化、模型迭代，工业互联网平台中**将形成覆盖众多领域的各类知识库、工具库和模型库，实现旧知识的不断复用和新知识的持续产生。**借助这种方式，传统分散于不同企业、不同系统、不同个体的工业经验将能够获得有效沉淀和汇聚起来，并通过平台功能的开放和调用被更多企业共享。例如，索为 SYSWARE 平台通过打造统一的工程中间件，实现对各类知识经验、工业机理、算法模型的集成，目前已在航空、航天、船舶、兵器、核工业、电子等行业构建工业知识库上百个，知识条目 500 万以上。

（四）功能下沉，边缘与云端协同成为平台重要发展方向

1. 基于边缘的多协议转换强化平台数据接入能力

大部分平台均提出了协议转换和云端协同技术方案，实现设备、传感器、PLC、控制系统、管理软件等不同来源的海量数据在云端的集成与汇聚。**基于网关的多协议转换正获得普遍应用**，GE 通过将数据采集转换模块 Predix Machine 部署在现场传感器、

控制器和网关，利用 OPC UA 技术实现工业以太网、工业总线等不同协议的转换。Oracle IoT Cloud Service 面向设备远程管理业务，通过“软件网关”实现对行业通信协议的支持。西门子通过在设备端部署数据采集模块 MindConnect Nano，实现通用协议兼容和私有协议转换。**基于操作系统和芯片的原生集成正成为重要创新方向。**如 Intel 推出 Wind River Edge Management System 嵌入式管理系统，实现设备与 Intel IoT Platform 的直接互联。Ayla IoT Platform 与博通、高通、意法半导体等芯片巨头合作，将平台接口内嵌在芯片中，直接从芯片层面支持边缘与云端的互联。

2. 边缘数据处理和缓存技术有效提升平台承载能力

工业生产过程中高频数据采集，往往会对网络传输、平台存储与计算处理等方面带来性能和成本上的巨大压力，在边缘层进行数据的预处理和缓存，正成为主要平台企业的共同做法。一是在边缘层进行数据预处理，剔除冗余数据，减轻平台负载压力。例如，SAP Leonardo Edge Platform 与 Dell 边缘网关集成，实现边缘数据的实时预处理。华为推出 EC-IoT 解决方案基于敏捷网关能够大幅缩短业务上线时间，降低运营成本 50% 以上。二是利用边缘缓存保留工业现场全量数据，并通过缓存设备直接导入数据中心，降低网络使用成本。例如亚马逊推出的 AWS Snowball Edge、微软 Azure 数据盒、以及谷歌的 Transfer Appliance，以 100TB 级别的容量支持现场数据临时存储，通过实体运输将数据

上传到数据中心，简化数据传输过程并尽可能减少设置与集成工作。在风电场的实际应用中，Snowball Edge 主要解决无网络偏远地区的数据存储上云问题。在制造企业的实际应用中，Snowball Edge 主要替代上位机或私有云保存现场数据。

3. 边缘分析技术显著增强平台实时分析能力

为了更好地满足工业用户的实时性、可靠性要求，越来越多的平台运营企业开始将计算能力下放到更为靠近物或数据源头的网络边缘侧。一是边缘层直接运行实时分析算法，例如微软 2017 年 5 月更新 Azure IoT Edge 服务，新增了机器学习、认知服务、流数据分析等功能，支持在嵌入式边缘设备上运行复杂分析和人工智能算法，微软与金属切削刀具企业 Sandvik Coromant 合作，基于 Azure IoT Edge 在边缘实现了流数据分析和机器学习算法，使故障处理时延从云端处理的 2 秒缩短到边缘处理的 0.1 秒。二是边缘与平台协同，实现模型不断成长和优化。例如，PTC 在 ThingWorx 平台中集成能够实时发现边缘设备异常的 ThingWatcher 模块，并与云端分析交互共享，实现模型迭代生长。

（五）开发框架，微服务等新型架构大幅降低开发难度与创新成本

1. 基于微服务架构的开发方式大幅提升工业 APP 开发效率

基于微服务的开发方式支持多种开发工具和编程语言，并通过将通用功能进行模块化封装和复用，加快应用部署速度，降低

应用维护成本。例如 GE Predix 平台基于微服务提供资产绩效管理、运营优化、资产建模、数据获取等 180 多种微服务供开发者调用，简化了部署应用程序开发、部署与运维的复杂性。IBM Bluemix 平台推出可用于微服务开发的软件工具，如 IBM MQ Light for Bluemix 提供灵活、易于使用的消息传递机制，IBM Bluemix DevOps Services 则帮助用户降低部署和运维应用程序的难度。此外，西门子 MindSphere、航天云网 INDICS、寄云 NeuSeer 等平台也都通过微服务架构帮助用户快速构建个性化应用程序。

2. 基于图形拖拽的开发方式有效降低工业 APP 开发门槛

基于图形拖拽的开发方式降低了对开发人员编程基础、开发经验的要求，使其可以专注于功能设计，从而降低应用开发的门槛。例如 PTC ThingWorx 平台基于 ThingWorx Foundation 为开发人员提供模型驱动的应用程序开发服务，开发人员无需使用编写代码即可连接所有的 ThingWorx 组件，使用拖拽工具就可以开发高质量、可扩展的应用程序，相较传统方式能减少 10 倍的开发时间。SAP Cloud Platform 通过 Fiori、BUILD、WebIDE 等预制开发工具支持基于图形拖拽的开发方式，用户通过使用这些工具可进行轻量级云端开发，无需后台任何定制，就可实现应用的快速上线，将开发时间从几个月缩短到几周。

三、工业互联网平台产业生态

（一）四类平台企业、五大支撑主体、两类平台用户共同构筑平台产业体系

工业互联网平台产业发展涉及多个层次、不同领域的多类主体。在产业链上游，云计算、数据管理、数据分析、数据采集与集成、边缘计算五类专业技术型企业为平台构建提供技术支撑；在产业链中游，装备与自动化、工业制造、信息通信技术、工业软件四大领域内领先企业加快平台布局；在产业链下游，垂直领域用户和第三方开发者通过应用部署与创新不断为平台注入新的价值。



图 3：工业互联网平台产业体系

1. 信息技术企业提供通用使能工具，成为平台建设重要支撑

信息技术企业提供关键技术能力，以“被集成”的方式参与平台构建。主要包括五类：一是**云计算企业**，提供云计算基础资源能力及关键技术支持，典型企业如亚马逊、微软、Pivotal、Vmware、红帽等；二是**数据管理企业**，提供面向工业场景的对象存储、关系数据库、NoSQL 数据库等数据管理和存储的工具，典型企业如 Oracle、Apache、Splunk 等；三是**数据分析企业**，提供数据挖掘方法与工具，典型企业如 SAS、IBM、Tableau、Pentaho、PFN 等；四是**数据采集与集成企业**，为设备连接、多源异构数据的集成提供技术支持，典型企业如 Kepware、NI、博世、IBM 等；五是**边缘计算企业**，提供边缘层的数据预处理与轻量级数据分析能力，典型企业如华为、思科、英特尔、博世等。

2. 平台厂商通过整合资源实现平台构建，发挥产业主导作用

平台企业以集成创新为主要模式，以应用创新生态构建为主要目的，整合各类产业和技术要素实现平台构建，是产业体系的核心。

目前，平台企业主要有以下四类：一是**装备与自动化企业**，从自身核心产品能力出发构建平台，如 GE、西门子、ABB、和利时等；二是**生产制造企业**，将自身数字化转型经验以平台为载体对外提供服务，如三一重工/树根互联、海尔、航天科工等；三是**工业软件企业**，借助平台的数据汇聚与处理能力提升软件性能，

拓展服务边界，如 PTC、SAP、Oracle、用友等；四是**信息技术企业**，发挥 IT 技术优势将已有平台向制造领域延伸，如 IBM、微软、华为、思科等。

3. 应用主体以平台为载体开展应用创新，实现平台价值提升

工业互联网平台通过功能开放和资源调用大幅降低工业应用创新门槛，其应用主体分为两类：**行业用户在平台使用过程中结合本领域工业知识、机理和经验开展应用创新**，加快数字化转型步伐，如全球研磨机械制造商格林公司基于西门子 MindSphere 平台开发服务于机床的工业 APP，实现对刀具磨损状态的精准预测和适时更换。**第三方开发者能够依托平台快速创建应用服务**，形成面向不同行业不同场景的海量工业 APP，提升平台面向更多工业领域提供服务的能力，典型企业如 Webalo、Bearing Point、ThetaRay、NEC、Pitney Bowes 等。

（二）企业从自身优势出发加快平台布局，形成四种路径

2013 年以来，工业互联网平台的理念和重要性逐渐被产业界所认识，全球各类产业主体积极布局，工业互联网平台已经进入全面爆发期。根据咨询机构 IoT Analytics 的统计，目前全球工业互联网平台数量超过 150 个。2017 年以来平台发展步入快车道，仅我国就有数十个平台产品发布。综合国内外平台企业布局策略来看，目前主要有四种路径。

1. 装备和自动化企业凭借工业设备与经验积累，依托工业互联网平台创新服务模式

装备制造和自动化企业在工业现场沉淀有大量生产设备与工业系统，在其几十年的创新探索中也形成了丰富的工业知识、经验和模型，这些企业正借助平台化布局，实现底层设备数据的采集与集成以及工业知识的封装与复用，并以此为基础形成创新型的服务模式。目前，这些企业在平台构建中主要有两种方式。部分企业通过将现有工业应用向云端迁移，构建应用服务平台，实现应用的灵活部署与调用。如 ABB 利用微软的云基础设施，通过 Ability 平台提供资产性能管理、能耗评估、分布式能源管理、工厂建模与仿真等云端服务。与之类似的还有施耐德 EcoStruxure 平台、发那科 FIELD system 平台、和利时 HiaCloud 平台等。部分企业则直接采用 PaaS、微服务等新型架构搭建平台，为应用开发提供更好的能力支持，在提供自身平台服务的同时，着力打造繁荣的第三方应用创新生态。如 GE 基于开源 PaaS 架构 Cloud Foundry 构建 Predix 平台，并通过集成微服务架构等方式为应用开发者提供丰富支持，实现智能应用的快速构建、测试和部署。三一重工依托其设备管理经验孵化专注工业互联网平台建设的树根互联，基于开源 Docker 技术构建 PaaS 平台，具备灵活的应用开发及部署能力，提供资产管理、预测性维护、产品全生命周期管理、产业链金融和模式创新等工业应用服务。

2. 领先制造企业将数字化转型经验转化为服务能力，构建工业互联网平台

领先制造企业凭借自身在数字化转型过程中的成功经验，围绕生产优化、用户定制、资源整合等方面提供平台化服务，形成了多种创新模式。部分消费品生产企业基于个性化定制生产模式构建工业互联网平台，实现用户需求、设计资源与生产能力的全面打通。比如海尔的 COSMOPlat 平台，将顾客需求、产品订单、合作生产、原料供应、产品设计、生产组装和智能分析等环节互联起来并进行实时通信和分析，以满足规模化定制需求。部分集团型制造企业凭借其资源整合经验，通过平台汇聚产业上下游各环节资源，为企业提供供需对接、协同设计、制造协同等智能化应用。比如航天云网 INDICS 平台汇聚超过 100 万家企业，并在此基础上提供供需对接、智能工厂改造、云制造和资源共享等服务，目前已为近千家行业用户提供线上服务。

3. 软件企业围绕自身业务升级需求，借助工业互联网平台实现能力拓展

软件企业通过布局工业互联网平台，全面获取生产现场数据和远程设备运行数据，并通过这些数据与软件的结合，提供更精准的决策支持并不断丰富软件功能。其中，管理软件企业依托平台实现从企业管理层到生产层的纵向数据集成，提升软件的智能精准分析能力。例如 SAP HANA 平台，以实现数据库的建模、

配置、监控、告警和管理。应用层，基于 SQL、MDX、BICS 接口接入 BI 分析、数据复制等应用软件。**设计软件企业借助平台获取全生命周期数据，提升软件性能，进而形成基于数字孪生的创新应用。**例如 PTC Thingworx 平台基于大量的设计模块，实现产品研发设计，大幅节约设计研发周期。同时，平台基于 CAD 产品数字模型和 Vuforia 技术集成的 ThingWorx Studio 增强现实开发环境和网络体验服务以及数字孪生服务（Digital Twin）实现对产品生产的全生命周期管理。

4. 信息技术企业发挥技术优势，将已有平台向制造领域延伸

信息技术企业在其现有通用技术平台基础上，不断丰富面向工业场景的应用服务能力，同时加强与制造企业合作，实现平台的定制化集成和应用部署。**云计算、大数据企业凭借运营及数据服务能力，通过强化工业连接及工业分析构建平台。**例如 IBM Bluemix 平台与博世合作，在平台部署博世物联网套件服务，进而帮助 IBM 提升底层设备物联及数据采集能力，并基于数据实现高级设备管理服务和云计算软件更新。微软 Azure IoT 平台则重点打造远程设备监控、预测性维护、工厂联网与可视化等服务能力，提升对制造场景的支持能力。**通信企业依托数据采集与网络互联优势构建物联管理平台，并不断提升工业数据处理能力。**华为 OceanConnect 平台借助网关设备、软件 Agent 和物联网管理系统，实现各类底层数据采集和集成，并通过提供 API 接口、开发套件与数据分析服务，形成行业智能应用。

（三）开放合作与封闭自建并举，多种方式开展平台构建

1. 基于开源通用 IT 技术搭建平台基础架构成为主流

开源 PaaS 已成为平台厂商构建平台使能框架的共性选择。GE Predix、IBM Bluemix、西门子 MindSphere 等大部分平台都采用开源的 Cloud Foundry 架构作为平台基础框架。此外，OpenShift、Docker 等开源技术也是平台企业中得到应用。**开源大数据技术成为平台数据架构的关键支撑。**Hadoop、Spark 等开源数据工具已经形成了比较成熟的体系，IBM Bluemix、和利时 HiaCloud、Oracle、日立 Lumada 等平台均采用上述工具支撑数据服务。**多种开源的开发工具帮助平台快速构建开发环境。**GE Predix、寄云 NeuSeer 通过集成 Eclipse integration, Git 和 Jenkin 等开源开发工具，强化平台应用开发能力。

2. 采用并购与合作方式丰富平台功能

通过并购获取平台关键技术功能。面向设备数据连接，PTC 先后并购 Kepware 和 Axeda，强化 ThingWorx 平台的数据采集能力。博世也收购智能设备软件公司 ProSyst，为平台提供即插即用的协议转换支持。面向**数据分析挖掘**，日立收购 Pentaho 商务智能公司，提供数据集成、可视化分析和数据挖掘等服务。此外，GE 收购 Austin Digital 强化航空数据分析能力，PTC 收购 ColdLight 提高平台机器学习能力。面向**平台安全**，GE 收购 Wurldtech。

通过合作整合资源，不断丰富平台功能。一是实现更大范围的现场数据采集，如 SAP、航天云网等企业均与西门子开展合作，借助西门子在工业自动化领域巨大存量基础，降低设备接入难度。发那科与罗克韦尔合作，实现平台与底层控制系统的无缝连接。

二是实现平台灵活部署，如 GE、西门子均与微软、亚马逊开展合作，实现在不同云基础设施上的部署能力。此外，ABB 与微软合作，树根互联与腾讯云合作，都旨在解决部署的基础资源问题。

三是强化数据分析能力，如西门子、ABB 与 IBM 合作，将 Watson 认知计算能力融入到平台中。发那科与 Preferred Networks 合作，集成其深度学习框架 Chainer。

3. 将自身工业知识积累进行封装，打造平台核心竞争力

工业企业长期积累形成了大量工业知识和经验，是工业领域核心价值所在。工业巨头正将物理世界的工业机理转化为数字世界的算法和模型，再封装为平台上的微服务和工业 APP，形成封闭的“黑盒”供开发者调用。开发者可以使用“黑盒”的关键能力，但无法获取其中的工业机理。例如，GE 将其在航空发动机、燃气轮机、风机等领域长期积累的设备知识抽象为相关微服务，成为平台的核心资产。

（四）应用创新生态打造已成为平台发展关键

1. 平台企业通过自主开发不断丰富应用种类

平台企业是现阶段应用创新的主力军，通过传统工业软件的

云化迁移和新型工业 APP 开发，不断提升平台服务能力。目前，GE 在 Predix 平台应用商店中已发布 9 款自主开发的工业 APP，同时正积极将 APM、OPM、FES 等现有工业解决方案转化为平台应用。西门子与埃森哲、Evosoft、SAP、微软、亚马逊和 Bluvision 等合作伙伴在汉诺威展上展示了约 50 种工业 APP。ABB 正将其面向 20 多个工业领域的 180 余项工业解决方案向 Ability 平台迁移。

2. 借助合作伙伴拓宽行业应用创新服务能力

平台企业通过跨领域合作，吸引更多行业伙伴基于平台开展应用创新，实现平台向更多领域的延伸拓展。如，波音与微软合作，将设备预测维护、燃油消耗分析等航空分析应用迁移至微软的 Azure 平台，目前已有 300 余家企业基于平台使用这些服务。发那科与罗克韦尔合作，将后者的 FactoryTalk View 等系列工厂管理应用向其 FIELD system 平台迁移。PTC 通过 ThingWorx 平台伙伴计划汇聚了数百家合作企业，强化平台与这些企业应用服务的无缝集成，同时吸引合作企业基于平台开发创新应用。

3. 打造开发者社区激发创新活力

海量开发者是应用创新的重要来源，是平台生态形成的关键驱动力。当前主要平台企业均积极打造开发者社区，通过技术开源、工具提供、文档分享、专家支持、利益共享等方式，吸引开发者入驻平台参与应用创新。GE 着力打造面向 Predix 平台的开

发社区 Predix.io，通过提供开发工具、微服务、应用开发指导文档，以及举办线上技术研讨会等方式，已经吸引到 5 万余名开发者。华为构建 OceanConnect 开发者社区，提供了 170 多种开放 API 和系列化 Agent，以及各类技术支持、营销支持和商业合作，在油气能源、生产与设备管理、车联网、智慧农业等领域吸引超过 80 个行业合作伙伴入驻。

四、工业互联网平台应用场景

（一）平台应用由单点智能向全局智能、由状态监测向复杂分析演进

当前，工业互联网平台在工业系统各层级各环节获得广泛应用，一是应用覆盖范围不断扩大，从单一设备、单个场景的应用逐步向完整生产系统和管理流程过渡，最后将向产业资源协同组织的全局互联演进。二是数据分析程度不断加深，从以可视化为主的描述性分析，到基于规则的诊断性分析、基于挖掘建模的预测性分析和基于深度学习的指导性分析。其中，设备、产品场景相对简单，机理较为明确，已经可以基于平台实现较复杂的智能应用，在航空航天、工程机械、电力装备等行业形成了工艺参数优化、预测性维护等应用模式；企业生产与运营管理系统复杂度较高，深度分析面临一定挑战，当前主要对局部流程进行改进提升，在电子信息、钢铁等行业产生供应链管理优化、生产质量优化等应用模式；产业资源的协同目前还没有成熟的分析优化体系，主要依托平台实现资源的汇聚和供需对接，仅在局部领域实现了协同设计、协同制造等应用模式。

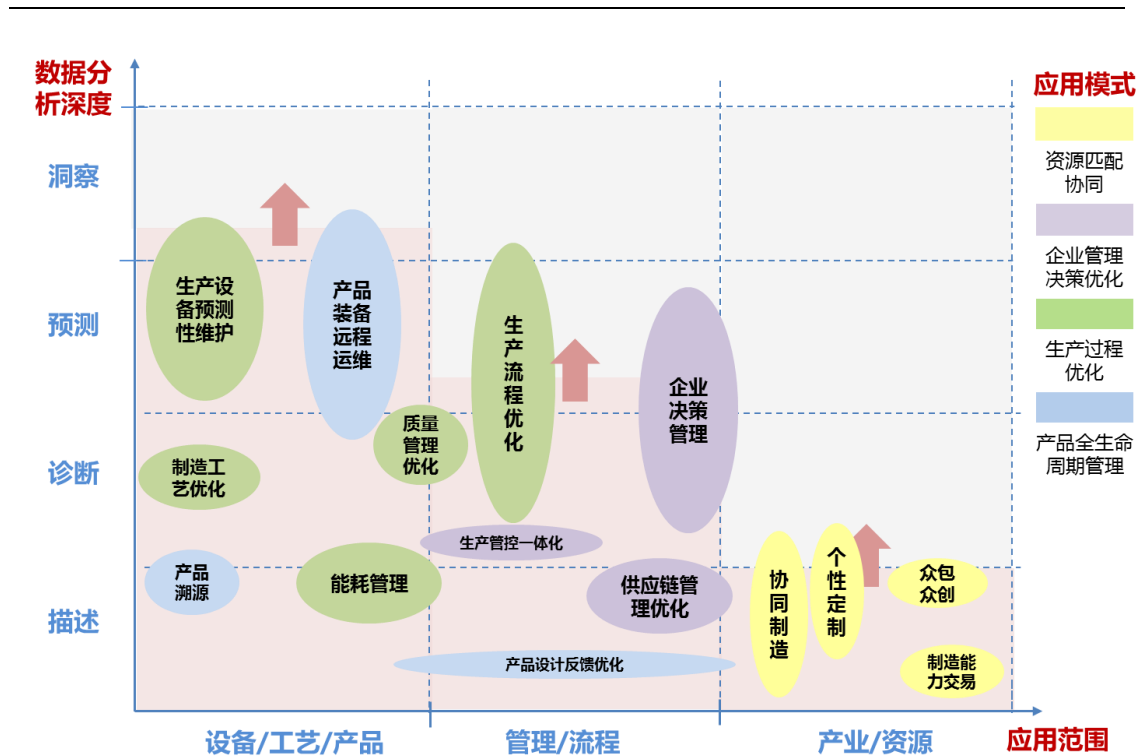


图 4 工业互联网平台应用阶段视图

总体来看，平台应用还处于初级阶段，以“设备物联+分析”或“业务系统互联+分析”的简单场景优化应用为主。未来平台应用将向深层次演进，将在物联与互联全面打通的基础上实现复杂的分析优化，从而不断推动企业管理流程、组织模式和商业模式创新。最终，平台将具备全社会资源承载与协同能力，通过全局性要素、全产业链主体的重新组织与优化配置，推动工业生产方式、管理模式和组织架构变革。

1. 设备、工艺等单个场景已可以实现基于数据和机理的预测，正步入决策性分析阶段

工业互联网平台广泛连接设备、装备、产品，基于设备机理模型和产品数据挖掘开展了大量基于规则的故障诊断、工艺参数优化、设备状态趋势预测、部件寿命预测等单点应用，如 GE 依

托 Predix 平台，通过构建数字双胞胎实现对航空发动机、燃气轮机等重型装备的健康管理，施耐德基于 Ecostruxure 平台为罗切斯特医疗中心提供配电设备管理服务，实现电力故障的预测性报警与分析。随着数据的持续积累与分析方法的不断完善，将形成**基于设备数据挖掘的更精准分析模型，并自主提出指导性优化建议**。目前该趋势已初步显现，例如微软 Azure IoT 平台为 Rolls-Royce 发动机提供基于机器学习的海量数据分析和模型构建，能够在部件即将发生故障时准确预报异常，并提前介入主动帮助 Rolls-Royce 规划解决方案。

2. 企业管理与流程优化从当前局部改进向系统性提升迈进

工业互联网平台实现了生产现场与企业运营管理、资源调度的协同统一，在此基础上**形成面向企业局部的生产过程优化、企业智能管理、供应链管理优化等重点应用**。日立公司 Lumada 平台通过物联设备实时收集商品流转数据，并通过与子公司货车调配业务系统的互联，形成庞大供应链管理数据池，实现全集团的仓储物流优化。未来随着平台底层连接能力的提升和企业 IT-OT 层的打通，大量生产现场数据和管理系统数据将进行集成汇聚，**基于海量数据分析挖掘实现智能工厂整体优化、企业实时智能决策等应用，实现企业生产管理领域的系统性提升**。罗克韦尔公司自动化部门与微软 AZURE 平台合作，打通了 OT 层自动化系统与 IT 层业务系统数据，基于大量数据进行工厂系统建模与关联分析，实现生产物料管理、产品质量检测、生产管控一体化等综合

功能，探索数字工厂应用。

3. 产业/资源层面从信息交互向资源优化配置演进

工业互联网平台在应用过程中汇聚了大量工业数据、模型算法、软件工具，乃至研发设计、生产加工等各类资源与能力。目前这些资源在平台上主要通过简单信息交互实现供需对接与资源共享等浅层次应用。未来，**随着平台全局运行分析与系统建模能力的逐步提升，平台将成为全局资源优化配置的关键载体。**找钢网平台在为钢铁行业上下游企业提供钢材资源供需对接服务的基础上，正在探索基于大数据分析的钢厂精准供需匹配、资源区域性优化投放和最优定价策略。

（二）工业互联网平台当前总体应用于四大场景

1. 面向工业现场的生产过程优化

工业互联网平台能够有效采集和汇聚设备运行数据、工艺参数、质量检测数据、物料配送数据和进度管理数据等生产现场数据，通过数据分析和反馈在制造工艺、生产流程、质量管理、设备维护和能耗管理等具体场景中实现优化应用。

制造工艺场景中，工业互联网平台可对工艺参数、设备运行等数据进行综合分析，找出生产过程中的最优参数，提升制造品质。例如 GE 基于 Predix 平台实现高压涡轮叶片钻孔工艺参数的优化，将产品一次成型率由不到 25%提升到 95%以上。

生产流程场景中，通过平台对生产进度、物料管理、企业管

理等数据进行分析，**提升排产、进度、物料、人员等方面管理的准确性**。博世基于平台为欧司朗集团提供生产绩效管理服务，可在生产环境中协调不同来源的数据，提取有价值的信息并自动运用专家知识进行评估，实现了生产任务的自动分配。

质量管理场景中，工业互联网平台基于产品检验数据和“人机料法环”等过程数据进行关联性分析，**实现在线质量监测和异常分析，降低产品不良率**。富士康集团基于其平台实现全场产品良率自动诊断，打通车间产能、质量、人力、成本等各类运行状况数据，并对相关数据进行分析计算和大数据优化，使良率诊断时间缩短 90%。

设备维护场景中，工业互联网平台结合设备历史数据与实时运行数据，构建数字孪生，**及时监控设备运行状态，并实现设备预测性维护**。例如嵌入式计算机产品供应商 Kontron 公司基于 Intel IoT 平台智能网关和监测技术，可将机器运行数据和故障参数发送到后台系统进行建模分析，实现板卡类制造设备的预测性维护。

能耗管理场景中，基于现场能耗数据的采集与分析，对设备、产线、场景能效使用进行合理规划，**提高能源使用效率，实现节能减排**。例如施耐德为康密劳硅锰及电解锰冶炼工厂提供 EcoStruxure 能效管理平台服务，建立能源设备管理、生产能耗分析、能源事件管理等功能集成的统一架构，实现了锰矿生产过程中的能耗优化。

2. 面向企业运营的管理决策优化

借助工业互联网平台可打通生产现场数据、企业管理数据和供应链数据，提升决策效率，实现更加精准与透明的企业管理，其具体场景包括供应链管理优化、生产管控一体化、企业决策管理等。

供应链管理场景中，工业互联网平台可实时跟踪现场物料消耗，结合库存情况安排供应商进行精准配货，**实现零库存管理，有效降低库存成本**。雅戈尔基于 IBM Bluemix 平台对供应链和生产系统的重要数据进行抽取和多维分析，优化供应链管理并使库存周转率提高了 1 倍以上，库存成本节省了 2.5 亿元，缺货损失减少了 30%以上，工厂的准时交货率达到 99%以上。

生产管控一体化场景中，基于工业互联网平台进行业务管理系统和生产执行系统集成，**实现企业管理和现场生产的协同优化**。石化盈科通过 ProMACE 平台在炼化厂的应用，围绕生产计划优化，推动经营绩效分析、供应链一体化协同及排产、实时优化、先进控制和控制回路的闭环管控，实现财务日结月清。

企业决策管理场景中，工业互联网平台通过对企业内部数据的全面感知和综合分析，**有效支撑企业智能决策**。中联重科结合 SAP HANA 平台的计算能力及 SAP SLT 数据复制技术，实现工程起重机销售服务、客户信用销售、集团内控运营三个领域的实时分析，有效针对市场变化做出快速智能决策。

3. 面向社会化生产的资源优化配置与协同

工业互联网平台可实现制造企业与外部用户需求、创新资源、生产能力的全面对接，推动设计、制造、供应和服务环节的并行组织和协同优化。其具体场景包括协同制造、制造能力交易与个性化定制等。

协同制造场景中，工业互联网平台通过有效集成不同设计企业、生产企业及供应链企业的业务系统，实现设计、生产的并行实施，**大幅缩短产品研发设计与生产周期，降低成本**。如河南航天液压气动技术有限公司基于航天云网 INDICS 平台实现了与总体设计部、总装厂所的协同研发与工艺设计，研发周期缩短 35%、资源利用率提升 30%，生产效率提高 40%。

制造能力交易场景中，工业企业通过工业互联网平台对外开放空闲制造能力，**实现制造能力的在线租用和利益分配**。例如沈阳机床基于 iSESOL 平台向奥邦锻造公司提供了 i5 机床租赁服务，通过平台以融资租赁模式向奥邦提供机床，按照制造能力付费，有效降低了用户资金门槛，释放了产能。

个性定制场景中，工业互联网平台实现企业与用户的无缝对接，形成满足用户需求的个性化定制方案，**提升产品价值，增强用户粘性**。例如海尔依托 COSMOPlat 平台与用户进行充分交互，对用户个性化定制订单进行全过程追踪，同时将需求搜集、产品订单、原料供应、产品设计、生产组装和智能分析等环节打通，打造了适应大规模定制模式的生产系统，形成了 6000 多种个性

化定制方案，使用户订单合格率提高 2%，交付周期缩短 50%。江森自控-日立公司基于 Ayla 平台，打通社交媒体数据，整合 8 亿微信用户需求，提供商用空调定制服务。

产融结合场景中，工业互联网平台通过工业数据的汇聚分析，为金融行业提供评估支撑，**为银行放贷、股权投资、企业保险等金融业务提供量化依据**。如树根互联与久隆保险基于根云 RootCloud 共同推出 UBI 挖机延保产品数据平台，明确适合开展业务的机器类型，指导保险对每一档进行精准定价。

4. 面向产品全生命周期的管理与服务优化

工业互联网平台可以将产品设计、生产、运行和服务数据进行全面集成，以全生命周期可追溯为基础，在设计环节实现可制造性预测，在使用环节实现健康管理，并通过生产与使用数据的反馈改进产品设计。当前其具体场景主要有产品溯源、产品/装备远程预测性维护、产品设计反馈优化等。

产品溯源场景中，工业互联网平台借助标识技术记录产品生产、物流、服务等各类信息，综合形成产品档案，**为全生命周期管理应用提供支撑**。例如 PTC 借助 ThingWorx 平台的全生命周期追溯系统，帮助芯片制造公司 ATI 实现生产环节到使用环节的全打通，使每个产品具备单一数据来源，为产品售后服务提供全面准确信息。

产品/装备远程预测性维护场景中，在平台中将产品/装备的实时运行数据与其设计数据、制造数据、历史维护数据进行融合，

提供运行决策和维护建议，**实现设备故障的提前预警、远程维护等设备健康管理应用**。例如 ABB 为远洋船舶运营公司 Torvald Klaveness 的多用途船提供 ABB Ability 平台服务，通过船上的传感器收集信息，并进行性能参数分析，实现对远洋航行船舶的实时监控、预警维护和性能优化。SAP 为意大利铁路运营商 Trenitalia 提供车辆维护服务，通过加装传感器实时采集火车各部件数据，依托 HANA 平台集成实时数据与维护数据、仪器仪表参数并进行分析，远程诊断火车运行状态，提供预测性维护方案。

产品设计反馈优化场景中，工业互联网平台可以将产品运行和用户行为数据反馈到设计和制造阶段，从而**改进设计方案，加速创新迭代**。例如 GE 公司使用 Predix 平台助力自身发动机的设计优化，平台首先对产品交付后的使用数据进行采集分析，依托大量历史积累数据的分析和航线运营信息的反馈，对设计端模型、参数和制造端工艺、流程进行优化，通过不断迭代实现了发动机的设计改进和性能提升。

五、工业互联网平台发展建议

（一）充分利用现有成熟技术，快速构建平台

平台构建所需的通用 IT 功能已有大量成熟商业化方案和开源工具，平台企业应加强对现有技术的集成与使用。利用各类开源 PaaS、容器、大数据处理、人工智能等技术工具，搭建平台基础框架及数据管理分析能力。向下集成工业网关、中间件、嵌入式操作系统等成熟产品和解决方案，实现协议转换与数据集成处理。向上基于开源开发工具、微服务架构等方式快速搭建应用开发环境，实现平台应用创新与现有软件迁移。

（二）强化工业知识积累与分析能力，增强平台核心竞争力

平台企业应重视生产经验、工业机理的提炼与积累，推动物理、化学、机械、控制多学科知识与大数据、机器学习、人工智能等智能化分析技术的有机融合，转化为解决工业生产痛点问题的特色平台服务。加强与行业领先企业合作，实现跨领域工业知识获取、融合与转化，不断拓展平台业务覆盖范围。大力培养具备工业专业知识和信息技术应用能力的复合型人才，为平台能力提升发展奠定坚实基础。

（三）注重开放创新，打造平台应用生态

汇聚形成丰富的创新型应用是平台发展的关键，这不是依靠单个或少数企业就能实现的。在平台发展中，一方面要加强与各

类行业客户、专业服务企业的协同合作，发挥其在所属领域的知识经验和资源优势，基于平台形成一系列重量级工业应用；另一方面，积极打造开发者社区，通过提供开发工具、开发环境和微服务组件，吸引第三方开发者向平台聚集，形成一系列面向特定领域、特定场景、特定功能的创新型工业应用。

（四）聚焦优势领域，实现平台差异化发展

平台企业应重点围绕自身优势，形成差异化的平台发展路径。一是具备较强行业积累的平台企业，通过将自身知识、经验与数据固化，形成可广泛复制的应用服务模式，通过在本行业本领域精耕细作实现平台的规模化发展；二是具备特定技术优势的平台企业，应加强与制造企业合作，将其核心技术与行业特性深度结合，通过平台技术授权、二次集成、资源服务等方式实现平台的广泛部署。优秀平台可依托其核心优势实现跨行业跨领域发展，提升产业链上下游引领带动作用，形成商业模式和发展路径创新。

（五）构建标准体系，促进互联互通

一是推进标准体系构建，形成基于业界认识的工业互联网平台参考架构与标准体系，明确标准研制的重点方向。二是开展重点领域技术标准研制，在平台数据标准方面，研制工业数据交换、分析、管理、建模与大数据服务等标准，实现数据的有效管理与工业要素的一致描述。在开放接口标准方面，研制开发工具 API、微服务调用 API 等标准，保证开发者对平台功能的高效调用。在

平台互联互通标准方面，探索开展互通架构、数据接口、应用接口、服务对接等标准研制，实现不同类型或不同领域平台间的共享合作。

（六）确保安全可靠，推动可信发展

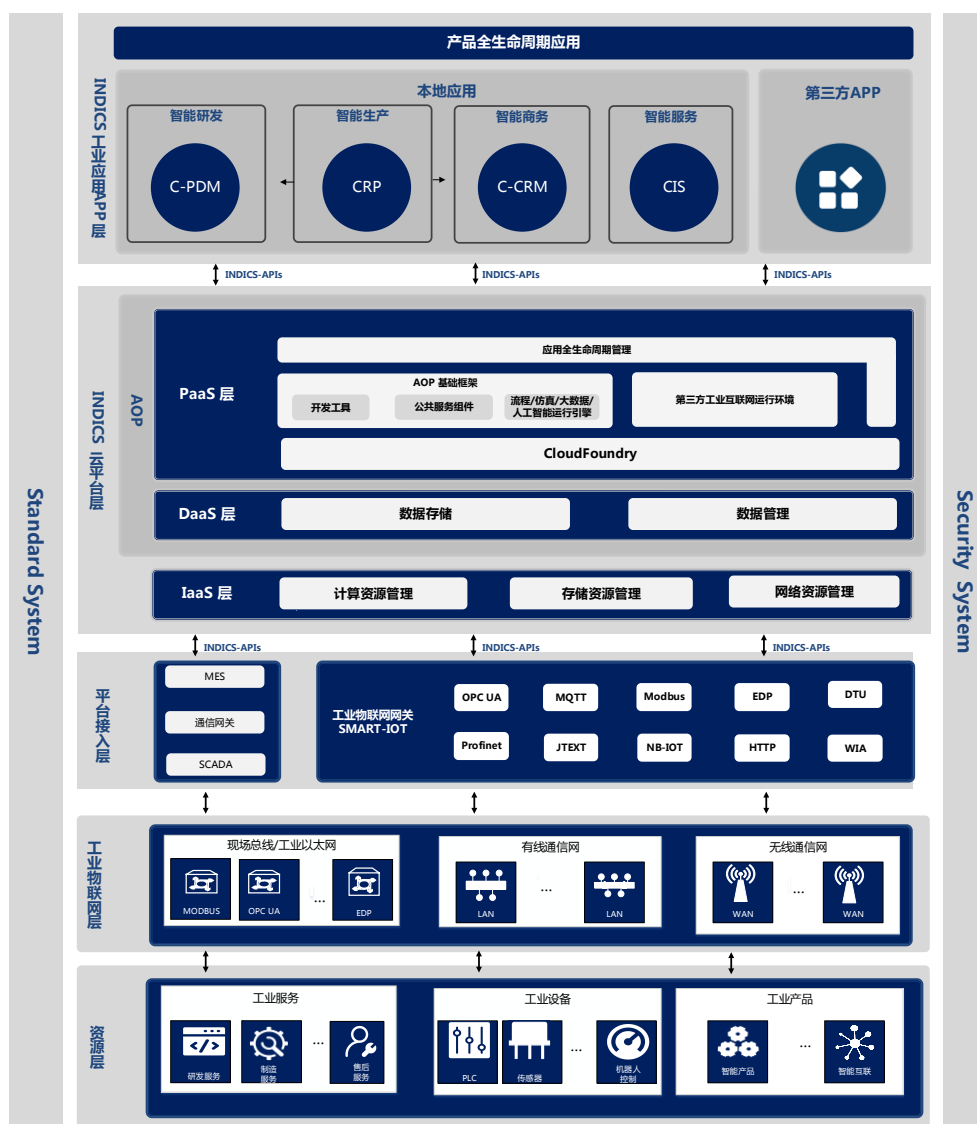
一是提升工业互联网平台安全防护水平。加快推进数据加密、访问控制、漏洞监测等关键技术研发与应用，增强平台对非法入侵的甄别和抵抗能力。二是明确数据主权归属，防止信息泄露。清晰界定权利和义务边界，尊重用户的信息隐私和数据主权，提供安全可靠、值得信赖的平台服务。三是保障平台稳定可靠运行。综合利用数据备份与恢复、冗余设计、容错设计等方法提升平台运行鲁棒性，加强性能监测与故障监测，及时发现和排除故障，确保平台整体稳定性。

典型工业互联网平台介绍及案例

航天云网-INDICS 平台

平台介绍

航天科工基于自身在制造业的雄厚实力和在工业互联网领域的先行先试经验，打造了工业互联网平台 INDICS。



INDICS 平台架构图

INDICS 平台在 IaaS 层自建数据中心，在 DaaS 层提供丰富的大数据存储和分析产品与服务，在 PaaS 层提供工业服务引擎、面向软件定义制造的流程引擎、大数据分析引擎、仿真引擎和人

工智能引擎等工业 PaaS 服务，以及面向开发者的公共服务组件库和 200 多种 API 接口，支持各类工业应用快速开发与迭代。

INDICS 提供 Smart IOT 产品和 INDICS-OpenAPI 软件接口，支持工业设备/产品和工业服务的接入，实现“云计算+边缘计算”混合数据计算模式。平台对外开放自研软件与众研应用 APP 共计 500 余种，涵盖了智能研发、精益制造、智能服务、智慧企业、生态应用等全产业链、产品全生命周期的工业应用能力。

平台应用案例：河南航天液压气动公司产品协同设计

河南航天液压气动技术有限公司是中国航天科工集团高端液压气动元件生产企业，以往存在重复劳动、工作效率低下、产品设计周期较长、产品质量无法保证等问题。

通过应用 INIDICS 平台，河南航天液压气动公司一是实现了云端设计，基于云平台建立涵盖复杂产品多学科专业的虚拟样机系统，实现复杂产品的多学科设计优化。二是实现了与总体设计部、总装厂所的协同研发设计与工艺设计。三是实现跨企业计划排产，从 ERP 的主计划到 CRP 的能力计划再到 CMES 的作业计划的全过程管控，实现计划进度采集反馈与质量采集分析。

借助 INDICS 工业互联网平台，河南航天液压气动公司的产品研发设计周期缩短 35%、资源有效利用率提升 30%，生产效率提高 40%，产品质量一致性得到大幅度提升。

树根互联-根云平台

平台介绍

树根互联技术有限公司由三一重工物联网团队创业组建,是独立开放的工业互联网平台企业。2017 年初,树根互联发布了根云 RootCloud 平台。根云平台主要基于三一重工在装备制造及远程运维领域的经验,由 OT 层向 IT 层延伸构建平台,重点面向设备健康管理,提供端到端工业互联网解决方案和服务。



树根互联“根云”平台架构

根云平台主要具备三方面功能。一是智能物联,通过传感器、控制器等感知设备和物联网,采集、编译各类设备数据。二是大数据和云计算,面向海量设备数据,提供数据清洗、数据治理、隐私安全管理等服务以及稳定可靠的云计算能力,并依托工业经验知识谱构建工业大数据工作台。三是 SaaS 应用和解决方案。为企业提提供端到端的解决方案和即插即用的 SaaS 应用,并为应用开发者提供开发组件,方便其快速构建工业互联网应用。

目前，根云平台能够为企业提供资产管理、智能服务、预测性维护等工业应用服务。同时基于平台开展产业链金融创新，已有 UBI 保险、维保等产品实践，服务于保险公司等金融机构，提升其风险管控和金融服务能力。

平台应用案例：与久隆保险共同推出 UBI 挖机延保产品数据平台

工业互联网平台汇聚大量数据，能够帮助银行对抵押物实行全面监控，及时了解供应链上下游企业的经营状况，也可以帮助保险公司掌握车辆或者特种设备的健康状态、车辆驾驶员行为习惯等，实现保险精准定价。树根互联与久隆保险、三湘银行合作，将工业互联网与大数据分析应用于动产融资、UBI 保险等领域，推出相关服务。

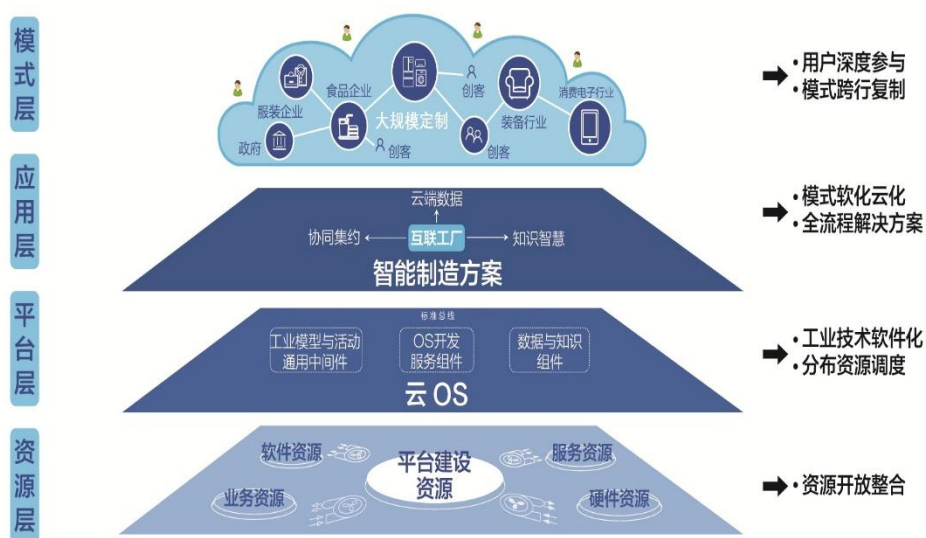
基于平台，一是以挖机数据和维修换件数据为基础，完成数据的评估和分析，针对设备使用情况与设备故障维修情况进行大数据挖掘与建模，建立挖机设备质量评估指数。二是根据模型开发用于精算定价与风险选择的数据产品，在用户使用场景、风险管理上为保险公司精算和研发部门提供技术、数据支持，帮助久隆保险完成 UBI 产品及延保产品的定价。

通过与树根互联的合作，久隆保险得以保费规模、利润、承保机器数量出发，明确适合开展业务的机器类型。对于开展业务的设备，久隆保险能够对设备维修费用和利润比例进行量化分析与排序，并实现对各档保险的精准定价。

海尔-COSMOPlat 平台

平台介绍

海尔集团基于家电制造业的多年实践经验，推出工业互联网平台 COSMOPlat，形成以用户为中心的大规模定制化生产模式，实现需求实时响应、全程实时可视和资源无缝对接。



海尔 COSMOPlat 平台架构图

COSMOPlat 平台共分为四层：第一层是资源层，开放聚合全球资源，实现各类资源的分布式调度和最优匹配。第二层是平台层，支持工业应用的快速开发、部署、运行、集成，实现工业技术软件化。第三层是应用层，为企业提供具体互联工厂应用服务，形成全流程的应用解决方案。第四层是模式层，依托互联工厂应用服务实现模式创新和资源共享。目前，COSMOPlat 平台已打通交互定制、开放研发、数字营销、模块采购、智能生产、智慧物流、智慧服务等业务环节，通过智能化系统使用户持续、深度参

与到产品设计研发、生产制造、物流配送、迭代升级等环节，满足用户个性化定制需求。

平台应用案例：基于海尔 COSMOPlat 平台的洗衣机个性化定制

洗衣机用户结合自身经历，指出当前洗衣机产品中存在内桶清洗周期短，清洗难度大等使用问题，期望能够获得一款具备更优用户体验的新式产品。

基于 COSMOPlat 平台，洗衣机用户的个性需求在众创汇平台上进行了交互，有 990 万用户、57 个设计资源参与新式产品创意设计；创意立项之后，借助开放平台引入 26 个外部专业团队，共同研发攻克技术难题；产品样机通过认证之后，利用 26 个网络营销资源和 558 个商圈进行预约销售；用户下单后，开启模块采购和智能制造，在 125 个模块商资源和 16 个制造商资源的参与下，产品按需定制、柔性生产；产品下线后，通过涵盖 9 万辆“车小微”和 18 万“服务兵”的智慧物流网络，及时送达用户家里，并同步安装好。用户在使用产品的过程中，又可通过社群在免清洗的基础上持续交互，催生净水洗、无水洗（筒间）系列产品。

中国电信-CPS 平台

平台介绍

中国电信集团公司是我国大型通信企业，近年来积极向工业领域拓展。中国电信 CPS 平台以生产线数据采集与设备接口层为基础，以建模、存储、仿真、分析的大数据云计算为引擎，实现各层级、各环节数据互联互通，打通从生产到企业运营的全流程。



中国电信 CPS 平台架构图

平台架构包括通讯层、应用开发平台层和应用展现层。在通讯层，通过使用工业 PON 或移动通讯方式，将采集到的数据传输到云平台。在应用开发层，基于数据集成与大数据存储，通过先进的业务计算模型和科学分析方法，优化业务逻辑，生成平台应用功能。同时提供拖拽式开发界面，实现应用快速构建。在应用展现层，支持 PC、手机、大屏、看板等不同界面展现，并通过接口与企业其他业务系统进行交互。

平台应用案例：中建钢构基于 CPS 平台的个性化定制与协同制造

中建钢构是中国最大的钢结构产业集团，迫切需要建设平台用以满足装配式建筑新材料高效率、大规模、个性化生产需要。

通过中国电信 CPS 平台的构建与实施，一是实现大规模个性化定制新模式。根据客户的需求结合施工现场条件，依托平台完成设计和修改，同步展视 3D 效果并且根据设计结果自动计算材料用量和建设预估费用。数字化设计方案通过平台可直接下达至工厂进行生产，整个从设计到运维的过程全程可视。二是实现网络协同制造新模式。充分使用人工智能技术，实现总部智能决策与任务分配，协调五大制造基地的任务协调和过程管控，并实现供应商和客户设计交互和进度跟踪。实现设计、供应、制造和服务环节并行组织和协同优化。

借助 CPS 平台，现已初步实现数据汇聚、大数据存储、数据安全保障、工业数据清理和分析 and 工业数据展现和应用的能力，预计平台全面上线后，中建钢构可实现生产效率提高 20%以上，运营成本降低 20%以上，产品交付周期缩短 20%以上，产品不良率降低 20%以上，单位产值能耗降低 10%以上。

华为-OceanConnect IoT 平台

平台介绍

华为是全球领先的信息与通信技术解决方案供应商，在电信、企业、消费者等领域为客户提供有竞争力的产品和服务。

华为推出的 OceanConnect IoT 平台在技术架构上分为垂直和水平两个方向。在垂直方向，又分为三层架构，分别为连接管理层、设备管理层和应用使能层。其中，连接管理层主要提供 SIM 卡生命周期管理、计费、统计和企业 Portal 等功能，设备管理层主要提供设备连接、设备数据采集与存储、设备维护等功能。应用使能层主要提供开放 API 能力，同时具备数据分析、规则引擎、业务编排等能力。在水平方向，通过与平台连接的分布式 IoT agent 对接行业智能设备网关，并提供边缘计算能力，实现与云端计算的协同。

目前，OceanConnect IoT 平台主要服务行业包括公共事业、车联网、油气能源、生产与设备管理、智慧家庭等领域，构筑多个成熟解决方案并完成商用，并有约 40 个运营商 POC 项目及若干企业 POC 项目等，提供 170 余个开放 API，聚合超过 500 合作伙伴。

平台应用案例：车联网推动车厂向服务提供商转型

中国第一汽车集团公司（以下简称一汽）是国内大型汽车生产企业。探索车联网等服务化转型的过程中，一汽面临一系列突

出问题，一是旧系统无法满足高并发、高频率接入需求，支撑现有的 20 万辆车已经出现严重性能瓶颈。二是运行 10 年系统老旧，难以叠加新的业务，扩展困难。三是不同车型接入不同的业务平台，割裂的烟囱式系统，维护复杂，管理成本高。

通过应用华为 OceanConnect IoT 平台，一汽实现了对千万级车辆的有效管理，并发处理百万车辆的信息。平台的开放 API 支撑了一汽开展新业务的快速开发，系列化 Agent 则支持快速集成新设备。平台还为一汽提供了能够支持实时分析的大数据处理能力，并支持车队管理、共享租车等多种业务。

借助平台的能力，一汽提供了“挚享”租车服务，未来将逐步在平台上增加车辆控制、轨迹回放、车况检查、电子围栏等新型车联网业务。预计到 2020 年，通过 IoT 平台管理 200 万车辆及 25 万支车队。

和利时-HiaCloud 平台

平台介绍

和利时主要从事自主 PLC、DCS、SCADA 产品的研发、制造和服务，业务聚焦工业、轨道交通和医疗三大领域。和利时于 2017 年发布面向企业生产制造和运营服务的 HiaCloud 平台，实现全面的数据汇集、生产运营管理和 APP 创新服务。



HiaCloud 平台架构图

HiaCloud 平台由工业现场层、工业 PaaS 平台层和工业 SaaS 智能应用层构成。工业现场层提供边缘计算服务，实现企业现场各类数据的汇集与本地应用。工业 PaaS 平台层自下而上包括云基础环境子层、数据服务子层和应用服务子层，建立工业对象模型的虚拟运行空间，并提供 API 接口和一系列快捷开发工具。工业 SaaS 智能应用层是基于工业 PaaS 层开发的各类工业 APP

服务，主要包括资产管理服务和运营优化服务。HiaCloud 平台支持公有云、私有云及混合云部署。此外，和利时还构建了工厂级综合数据集成与应用开发平台 HiaCube，用于过程工业、离散工业、轨道交通、市政设施、能源矿山和工业园区的本地化智能生产与智慧运营。

平台应用案例：基于 HiaCloud 平台的生产质量优化

过去，某大型电子装备制造企业面临一系列生产和服务问题：

1. 多品种小批量生产模式导致换线时间长、易出差错；
2. 未建立有效的产品质量追溯体系；
3. 检验测试数据未有效支撑产品消缺与创新；
4. 无法获取设备异常与故障信息，影响产品质量和产能；
5. 无法获知产品在用户现场的使用状况，售后服务被动。

通过实施 HiaCube 与 HiaCloud，该企业为所有生产装备、产线、材料、产品、工艺以及劳动者建立了对应的信息模型，在数字空间重构了企业的生产、质量、安全和维护运营等场景，并用现场数据驱动数字模型运行，实现 OT 与 ICT 的深度融合，即工业信息物理系统 iCPS。企业还通过 HiaCloud 为其用户实施电子装备的联网，提供全生命周期在线运行优化和预测性维护云服务。

运用平台后，该企业产品一次合格率达到 99.5%，产品返修率低于 0.3%，生产效率提升 50%，产能达 158 万模块/年，定制产品交付周期缩短到 8 周以内，售后服务模式也逐步向事前主动给用户发出预警、事中提供远程在线支持转变。

用友-精智 | 用友工业互联网平台

平台介绍

用友推出面向智能制造的精智 | 用友工业互联网平台（简称“用友精智平台”），提供基于数据的场景化智能云服务，支撑智能制造创新，驱动企业商业模式与管理方式变革。

用友精智平台一是包括融合了各种企业互联网化基础技术支撑层，包括云计算、移动、大数据、物联网、3D 打印、机器人、AR/VR、机器学习等，二是提供覆盖企业互联网化应用全生命周期的技术能力，包括云开发、云测试、云构造、云发布、云部署、云集成、云运维、云运营等工具与服务。



用友精智平台架构图

用友精智平台可连接工业企业设备、应用系统、操作人员等，实现本地资源上云，在 PaaS 能力上支撑了多种 SaaS 云服务，覆盖工业企业关键的应用，目前已支撑的企业云服务超过 1000 个，提供了 300 多个应用组件、50 多个应用开发框架，能够支持百

万级用户并发、千万用户在线操作。平台能够适配不同 IaaS 平台,可以在阿里云、华为云、AWS 云或自建数据中心中运行。

平台应用案例：用友精智平台助力万和新电气实现网络协同制造

广东万和新电气股份有限公司是国内热水器、厨房电器、热水系统制造企业，以前虽部署 ERP 系统，但依然存在大量信息孤岛，数据利用率低，大量统计分析工作需要手工完成。

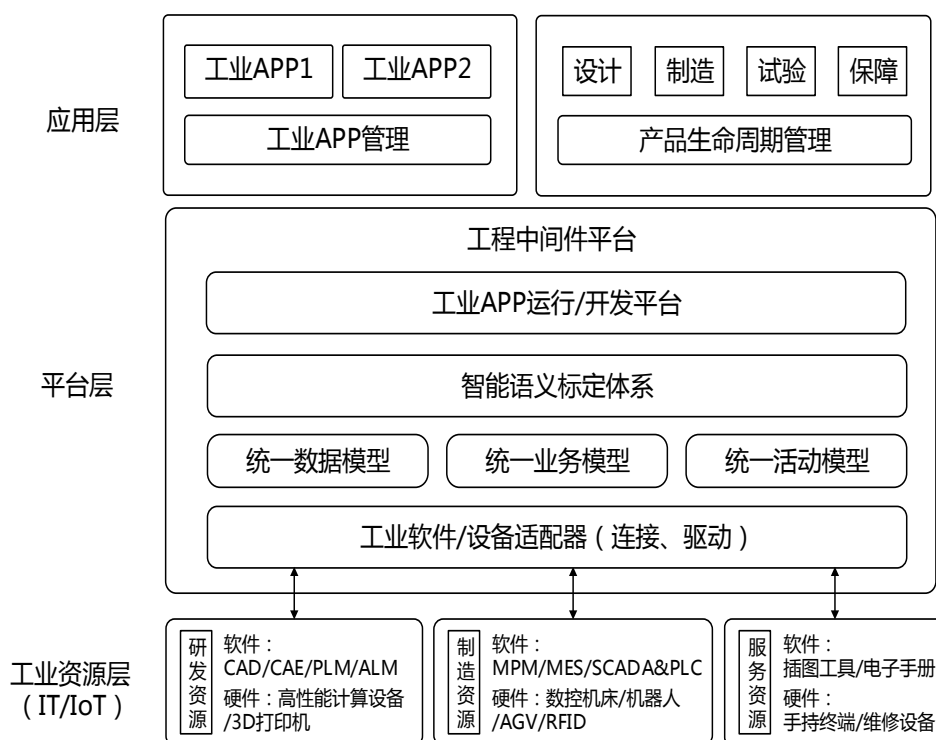
通过应用精智平台,万和新电气实现 6 个法人、5 个事业部、7 个生产基地的统一管理、信息实时协同，实现内部业务全要素互联互通，以及与 460 家经销商、600 余家供应商、20 余家物流承运商的产业链大协同。同时，还实现了每月 150 万条数据的采集、归档、分析，极大提升数据利用价值。比如：一个全方位的合并利润表 59 列 40 行，共 2360 个数据栏目，以前人工统计需要 12 个人大约 5 天时间（共 60 个人天），通过大数据分析，只需要 2 分钟即可完成，效率提升 14000 倍以上。

借助用友精智平台，万和新电气整体效率提升 30%以上，产品交付周期缩短 20%，市场竞争力得到明显提升。销售收入由 30 亿增长到 40 亿，同比增长 33%，原材料库存由 6700 万减少到 5200 万，同比下降 22.3%，取得明显经济效益。

索为-SYSWARE 平台

平台介绍

索为面向国防军工和高端装备制造业等领域提供工程研发和制造解决方案，以知识自动化和工业技术软件化为出发点推出 SYSWARE 平台。



SYSWARE 工业互联网平台架构图

索为 SYSWARE 平台架构主要包含工业资源层、平台层、应用层三层。其中，工业资源层即工业基础设施层，既包含 IT 领域的软硬件资源，也包含工业物联网领域的软硬件资源；平台层包含工程中间件、工业 APP 运行/开发平台、智能语义标定体系以及各类工业软件/设备适配器等，通过模型化、组件化、软件化形成可重用的、可执行的工业 APP；应用层包括工业 APP 生态环

境及产品开发管理环境两大功能，为工业技术融合化建设、复杂工程产品开发提供保障和服务。

平台应用案例：基于 SYSWARE 平台的大型客机设计解决方案

商飞公司大型客机总体方案设计阶段面临多种问题，各专业数据零散分布，缺乏数据共享；数据源不唯一，导致专业间设计协作困难；设计过程缺乏主线引导，迭代优化困难且无法追溯。

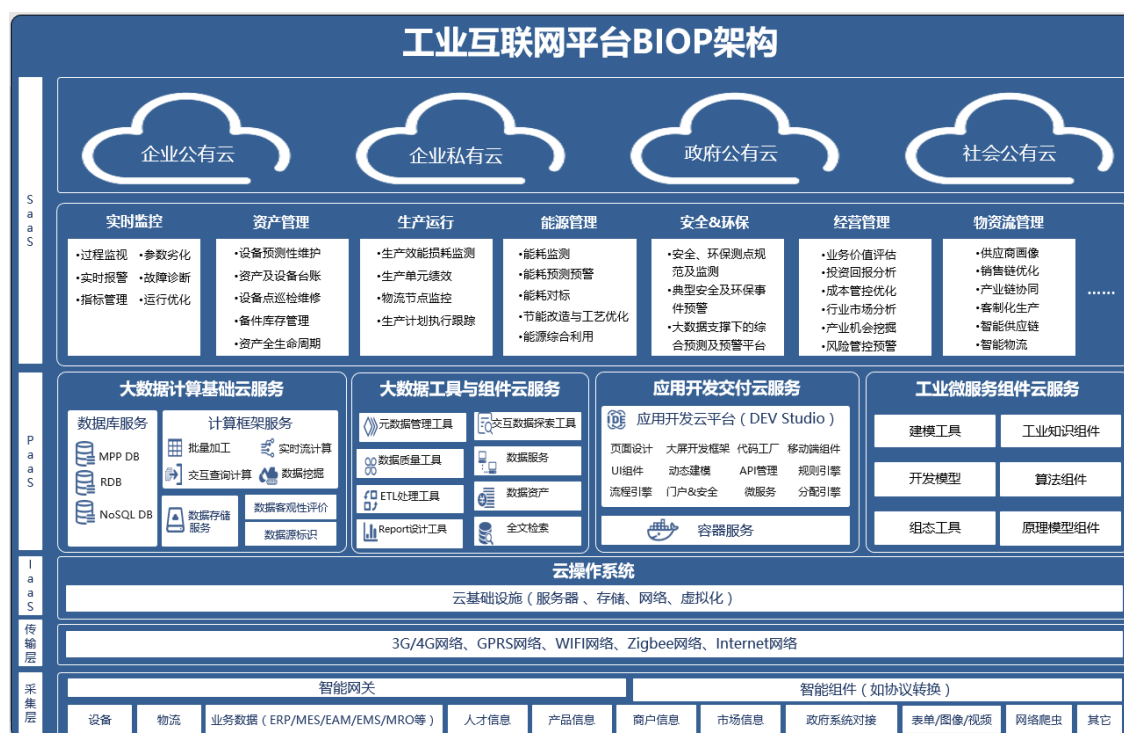
商飞公司将大型客机总体方案综合设计中的部分工作迁移到索为 SYSWARE 平台，打通了前端设计和后端制造。在平台上以民机技术经济性要求作为设计输入，向下游提供数字样机基线模型，基于平台形成初步产品结构树，再转入以 CATIA / Windchill 为核心的详细设计平台进行工程化设计。

通过索为平台的使用，商飞实现了设计工具的互联互通和集成，支撑大型总体方案的快速设计和更改，加快设计过程迭代速度，提高设计过程整体效率。

东方国信-BIOP 平台

平台介绍

东方国信基于软硬件相结合的端到端工业大数据解决方案，推出 BIOP 工业互联网平台。平台主要包含数据采集层、PaaS 层、SaaS 层三个部分。数据采集层包含 BIOP-EG 智能网关接入设备和 BIOP 的接入接口软件，支持各类数据的接入。工业 PaaS 层集成了工业微服务、大数据分析、应用开发等功能。工业 SaaS 层面向工业各环节场景向平台内租户提供工业领域通用、专用以及基于大数据分析的云化、智能化工业应用及解决方案服务。



BIOP 平台架构图

基于 BIOP 工业互联网平台，东方国信目前进一步搭建了面向 7 个工业领域的子平台，汇聚数十家开发生态企业和数千名开

发者。

平台应用案例：基于 BIOP 平台的钢铁制造流程协同优化

酒钢是西部最大的钢铁联合企业，其原燃料主要依赖自产，原燃料质量差，质量波动幅度大，高炉类型多样化，炉容涵盖范围广，存在因反应器“黑箱”特性导致生产操作因人而异难以标准化、大炼铁产线各生产工序缺少系统级协同、数据孤岛和互联互通不畅等问题。

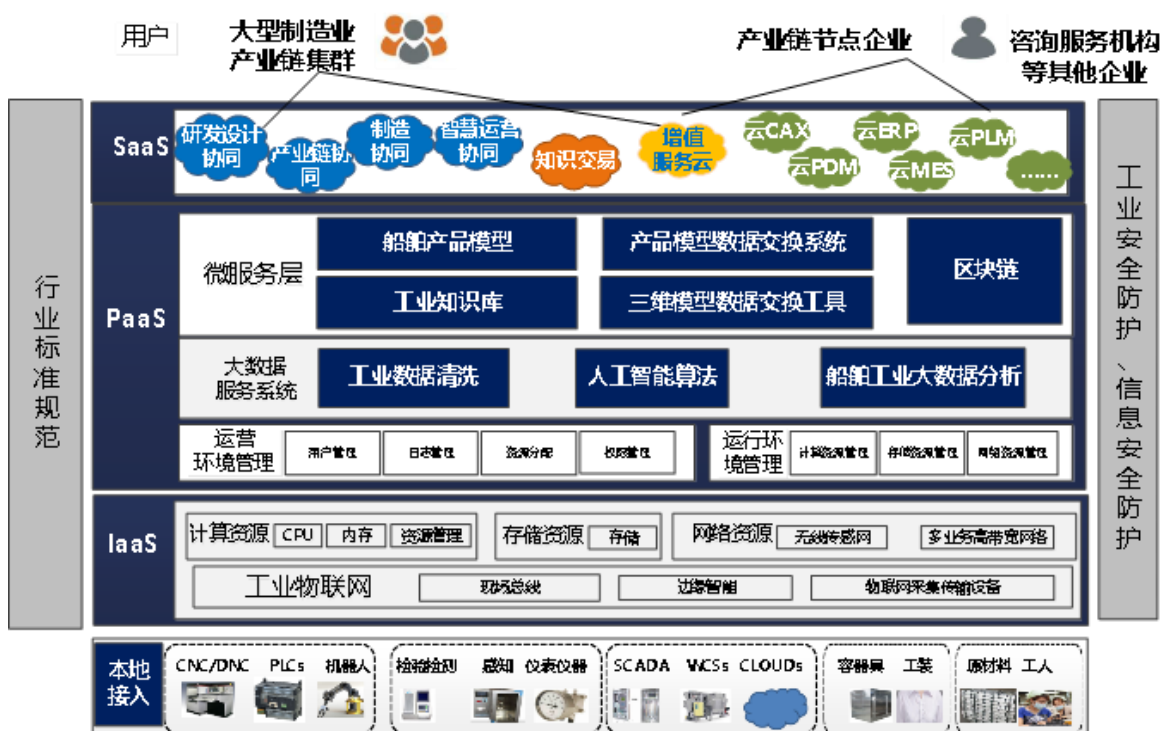
酒钢基于东方国信 BIOP 平台，以物联网为基础，以大数据为中心，以配矿、焦化、烧结、球团、高炉各核心冶炼工序的协同为目标，研用大数据处理技术、工艺机理模型、机器学习、机器视觉、推理机、数值模拟和自动控制等技术手段，实现全局性成本最优、能效最低的智能协同制造。

基于东方国信工业互联网平台 BIOP 的实施，酒钢集团提升铁水质量稳定性 20%、单座高炉每年降低成本 2400 万元、单座高炉每年减少碳排放 20000 吨，冶炼效率提升 10%。

中船工业-船舶工业智能运营平台

平台简介

船舶工业智能运营平台是由中国船舶工业集团公司旗下中国船舶工业系统工程研究院、中船黄埔文冲船舶有限公司、北京中船信息科技有限公司共同发起。船舶工业智能运营平台接入层实现生产类数据和工艺类数据的采集,PaaS层集成了工业微服务、大数据服务、区块链、环境管理等功能, SaaS层基于开放环境部署应用,为企业用户提供研发设计协同、全生产过程管控优化、供应链协同、工业知识库、知识共享与交易、船舶智能运营、产业链金融等服务。



船舶工业智能运营平台架构图

平台应用案例：基于船舶工业智能运营平台的产业链协同

某船厂船舶产品的设计制造周期一般在 2 年以上，船舶产业链条长，涉及节点企业众多，各节点企业的信息化建设未经统筹规划，难以实现产业链协同。

通过船舶工业智能运营平台应用，该船厂建立船舶产品模型库，积累同船型的工艺数据、制造数据、运营数据、维保数据，动态反馈至设计阶段，缩减设计周期并驱使设计优化与市场需求对接。借助平台的产业链协同云应用，实现大型产品设计制造的跨企业管理，并且动态采集掌握船舶设备运行状态，运用大数据分析帮助船舶企业降低航运成本。

开展船舶工业智能运营平台应用后，该船厂实现产业链组织与管理实时在线，交易成本降低 20%、研制周期缩减 20%、设计效率提升 20%。

寄云-NeuSeer 平台

平台介绍

寄云科技基于在工业大数据、PaaS 领域的技术积累，推出 NeuSeer 工业互联网平台，平台主要由 NeuSeer Edge 边缘网关、NeuSeer Stack 应用开发和大数据分析平台、NeuSeer Apps 工业互联网应用三部分组成。NeuSeer Edge 边缘网关通过协议转换可以实现从各类工业设备和传感器数据的实时提取，支持对数据进行本地运算和预处理。NeuSeer Stack 工业应用开发和大数据分析平台能够为工业企业的应用开发人员和数据分析人员提供数据存储、应用开发、数据分析、工业模型开发和测试等方面能力。NeuSeer Apps 涵盖远程监控、性能评估和预测等工业应用。



NeuSeer 平台架构图

寄云 NeuSeer 公有云平台上线以来，已经吸引了几十家企业的上百名工业应用开发者参加相关的试用及测试活动。

平台应用案例：基于 NeuSeer 平台的玻璃基板车间产线优化

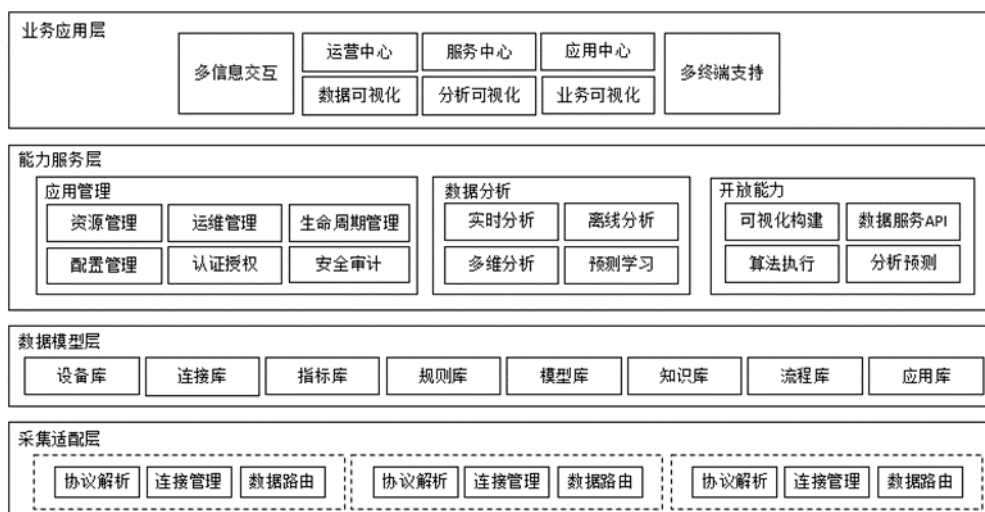
陕西彩虹集团特种玻璃事业部面临传统 PLC、DCS 数据采集与存储方式独立、数据格式封闭、数据保存周期短等问题，无法做到对设备的全生命周期管理优化。

基于寄云 NeuSeer 平台，寄云与彩虹集团特种玻璃事业部一起，利用工业网关打通数据采集链路，建立数字仿真器完成设备及自动化系统的地址映射表及故障代码映射表，选择时序数据库完成生产数据的存储和分析，对工业数据的价值进行有效筛选和挖掘利用，实现车间数据全方位的可视化监控，能够有效管理产线。借助寄云 NeuSeer 平台，彩虹集团特种玻璃事业部实现单条产线运营成本降低 20%，产能提升 20%，生产节拍提升 20%，不良率降低 10%。

普奥云-ProudThink 平台

平台介绍

普奥是工业互联网产品和服务提供商，其 ProudThink 平台帮助用户解决设备的安全接入、安全通信，设备智能化运营，驱动工业数字化、网络化、智能化发展。平台包括采集适配层、数据模型层、能力服务层和业务应用层。聚焦智能设备互联互通，面向运营商、制造商、服务商的业务需求，提供设备运营、设备租赁、物联网金融和工业数据等服务。



普奥 ProudThink 平台架构图

目前，普奥已与 40 多家厂商的工业网关实现无缝数据连接，支持上千种协议种类，并在多个细分行业形成设备监控、运营类、租赁服务类等 20 多项解决方案。

平台应用案例：康达新能源设备公司大型发电机设备云监控平台

康达新能源设备有限公司具备燃气、柴油、太阳能等多种发电机组的产品设备，亟需建立设备云监控平台为客户提供高效可

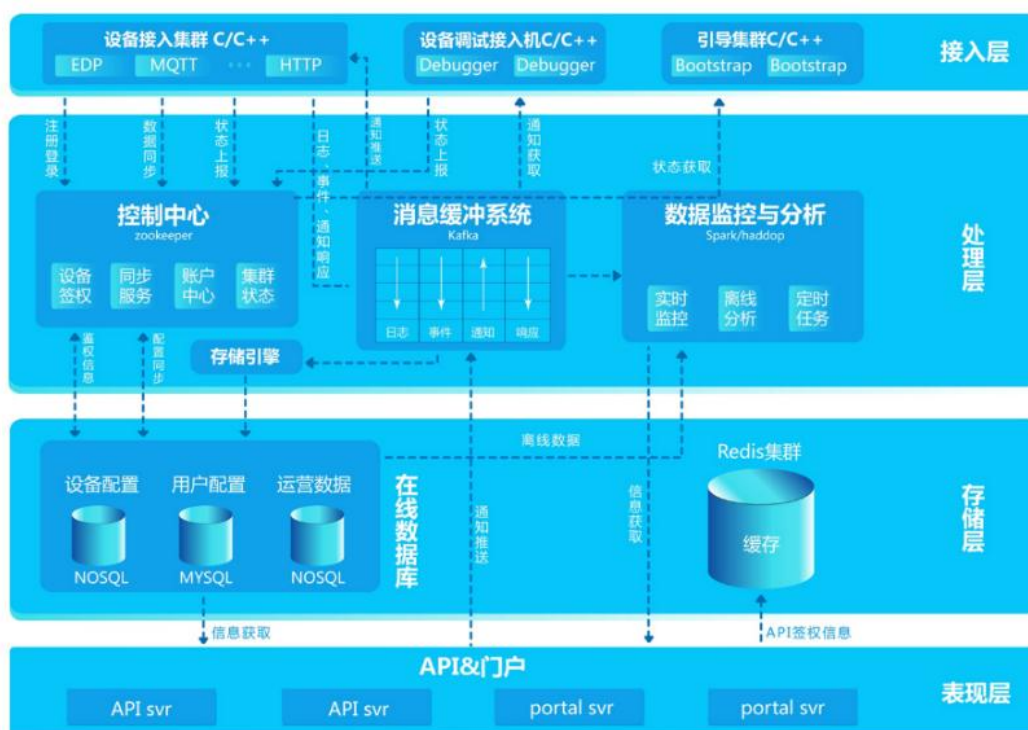
靠的远程运维服务。

公司基于 ProudThink 平台搭建设备监控平台，实现设备总览、设备管理、故障诊断、维保服务、数据分析、设备定位、备件物流等基础功能建设。在服务水平方面，通过对设备状态的系统查询和监控，实现主动式维护；在服务效率方面，通过平台设置设备巡检计划，实现预测式维护。

中国移动-OneNET 平台

平台介绍

中国移动是一家基于 GSM，TD-SCDMA 和 TD-LTE 制式网络的移动通信运营商，中国移动于 2014 年发布了 OneNET 平台。探索将在其数字技术和通信技术领域的优势与工业场景相结合，拓展工业互联网业务。



OneNET 平台架构示意图

OneNET 平台包含接入层、处理层、存储层和表现层四大部分。其中接入层负责设备接入，支持 MQTT、CoAP、Http、EDP 等主流协议，实现海量设备接入；处理层负责进行数据处理及数据挖掘分析，可以为用户提供消息控制、事件智能推送、大数据分析等服务；存储层利用可扩展的分部署存储技术，保证数据的可靠存

储；表现层对外提供平台 API 及门户，为用户提供平台能力开放及应用快速生成服务。

OneNET 平台目前已经孵化应用超过 2 万，聚集开发者超过 4.4 万，设备接入连接数超过 2100 万，服务于环境监测、智能家居、智能穿戴、智慧农业、节能减排、车联网、物流追踪、智慧楼宇、智能制造等多个行业。

平台应用案例：基于 OneNET 平台的工艺流程优化

运城制版集团工厂分布分散，过去集团难以对所有工厂实施统一有效的生产经营监控，无法对下属公司所有生产资料的实时监管。

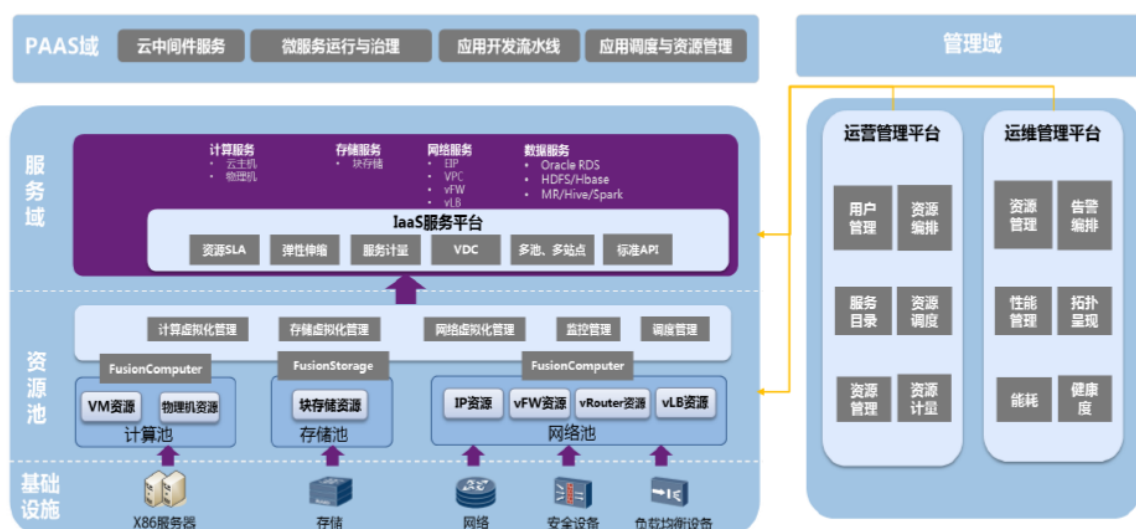
通过 OneNET 平台，中国移动为运城制版集团提供了完整的端到端解决方案，用数字孪生实现智能制造。通过机床通信和加装传感设备，获取机床实时数据，通过 4G 移动蜂窝网络直接上传 OneNET 云端。OneNET 平台对采集上传的数据进行存储，对生产设备及流程进行 3D 建模，为客户打造 3D 可视化界面，实现数字孪生功能，直接监测机床的实时状态，对产品质量进行实时控制与分析，对车间能耗进行优化与预测。

凭借中国移动 OneNET 平台，运城制版集团的制造环节资源浪费降低 5%-8%，效率提升 10%-15%，每年额外增加约 3000 万利润。

石化盈科-ProMACE 平台

平台介绍

石化盈科是大型管理咨询、信息技术及外包服务商，侧重能源领域的 IT 服务。2017 年石化盈科携手华为公司推出 ProMACE 平台，面向石油化工行业提供流程制造平台服务。



石化盈科-ProMACE 工业云平台架构

石化盈科 ProMACE 平台采用云计算、大数据、物联网、人工智能等技术，提供数据集成、实时计算、智能分析、物联网（IoT）接入、可视化等核心能力，支撑流程工业智能化转型升级。平台主要聚焦石化化工行业，围绕着“生产一体化优化”、“生产集成管控”和“全生命周期资产管理”提供标准工业应用。目前，石化盈科 ProMACE 平台已在中国石化智能工厂成功试点并取得良好应用效果。

平台应用案例：石化盈科为九江石化搭建计划生产协同优化平台

石化盈科基于 ProMACE 平台为九江石化提供生产计划、调度作业、计划业务的全流程线上管理服务，促进计划模型、调度模型和装置优化模型之间的数据交互，在此基础上开展原油采购和加工方案比选，持续优化 CFB 锅炉操作方案，优化催化柴油切割温度，改善产品结构，实现汽油和航煤等高附加值产品增长。

通过应用平台，九江石化 2015 年滚动测算案例达到 242 个，增效 2.8 亿元；2016 年滚动测算案例提升至 500 余个，增效 3.2 亿元。未来将在企业生产计划编制、原油采购优化、生产方案优化和产品结构优化进一步发挥作用。

浪潮-浪潮工业互联网平台

平台介绍

浪潮集团是以服务器、软件为核心产品的解决方案服务商。2017 年正式推出浪潮 M81 平台。浪潮 M81 平台架构分为四层，包括数据采集层、云支撑平台层、大数据处理与应用开发平台层、应用服务层。



浪潮工业互联网平台架构

浪潮 M81 平台具有云端和本地部署多个模式，并推出一系列基于物联网数据的应用，包括制造工艺与产品质量优化分析、设备监测与预测性维护、全程品质控制与预警、企业经营风险管控和预测、个性化精准服务与营销预测、供应链与供应商优化、用户行为分析与微服务推送等。

目前浪潮已为山能集团、中国储备粮、蒙能集团等几十家客户提供了包含智能设备接入、设备监测、资产管理、质量工艺改

进、工业企业运行数据监测等服务内容的工业互联网解决方案，帮助企业打造智能化管理。

平台应用案例：浪潮为正通煤业搭建大数据应用平台

正通煤业依托浪潮 M81 平台，通过生产安全监测，对作业环境和设备运行状态进行监控，同时，结合作业人员位置信息和现场视频，形成人员精准画像，精准定位异常节点。

正通煤业基于浪潮 M81 平台实现了 31 个数据源的 2 亿多条数据整合，包括视频、GIS 等非结构化数据在内，每天以 TB 级的数量在增加，帮助正通煤业构建了企业的智慧大脑。

阿里巴巴-阿里云 ET 工业大脑平台

平台介绍

阿里云 ET 工业大脑平台依托阿里云大数据平台，建立产品全生命周期数据治理体系，通过大数据技术、人工智能技术与工业领域知识的结合实现工业数据建模分析，有效改善生产良率、优化工艺参数、提高设备利用率、减少生产能耗，提升设备预测性维护能力。



阿里云 ET 工业大脑架构图

阿里云 ET 工业大脑平台包含数据舱、应用舱和指挥舱 3 大模块，分别实现数据知识图谱的构建、业务智能算法平台的构建以及生产可视化平台的构建。目前，阿里云工业大脑平台已在光伏、橡胶、液晶屏、芯片、能源、化工等多个工业垂直领域得到应用。

平台应用案例：天合光能电池片 A 品率提升

光伏产品供应商天合光能在光伏电池片生产质量方面遇到瓶颈，急需新方法进一步提升良品率。

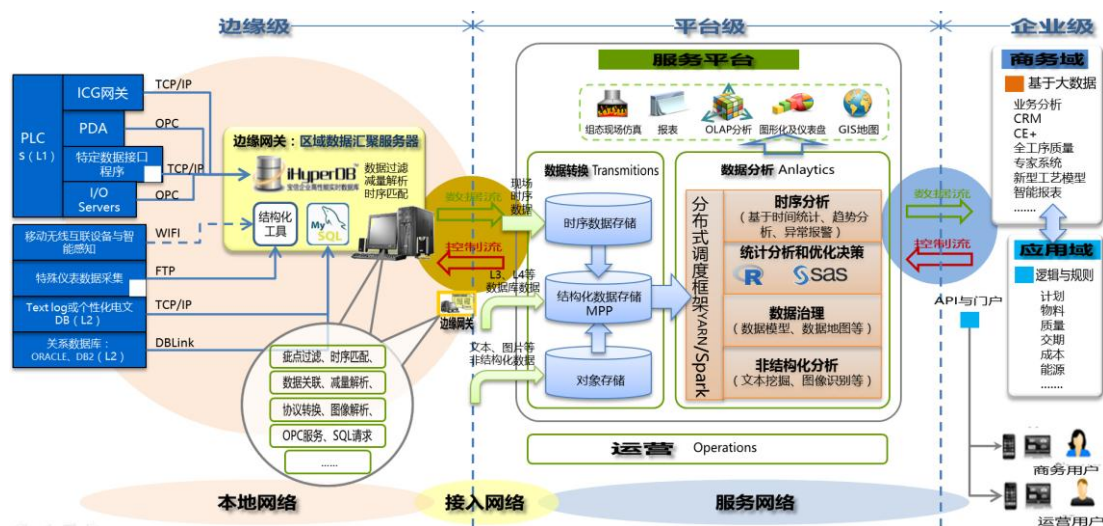
借助阿里云 ET 工业大脑平台对光伏电池片生产过程中所产生的物料数据、设备参数、MES 系统数据等进行全面采集，通过海量数据的深入挖掘和关联性分析，识别出在生产过程中对电池片质量有显著影响的关键环节，提供针对性的设备参数优化，并在产线实际应用过程中进行对比测试、反复调优，最终实现电池片生产质量的提升。

通过对天合光能产线关键环节的优化，帮助天合光能实现电池片生产良品率增加 5%，有效促进了天合光能产品整体质量的提升。

宝信-宝信工业互联网平台

平台介绍

宝信公司是宝钢股份控股的上市软件企业，产品与服务业绩遍及冶金、石化、电力、医疗卫生、信息化等多个领域。宝信公司探索将数字技术与其在冶金、石化、电力等领域的专业优势结合，于 2017 年正式发布宝信工业互联网平台，实现企业内部信息流、资金流和物流的集成和融合。



宝信工业互联网平台架构图

宝信工业互联网平台主要分成三级架构，第一级是面向工业现场的边缘计算。第二级是部署在云端的大数据平台。第三级是面向企业各种业务的应用系统。宝信工业互联网平台可根据钢铁制造数据特征和业务要求，实现数据存储、传输和获取的标准化。目前，宝钢集团已经基于宝信工业互联网平台，通过现场设备数据的采集和协议转换，实现了企业 OT 层与 IT 层的打通，使数据得以在整个制造系统和 IT 系统之间高效流通。

平台应用案例：基于宝信工业互联网平台的产品质量优化

钢材成品卷的表面质量是最重要的质量指标之一。产品表面上任何划痕、孔洞、指纹和凹坑等都属于产品质量瑕疵，过去这些表面瑕疵的检测手段是难以用传统传感器来实现的。

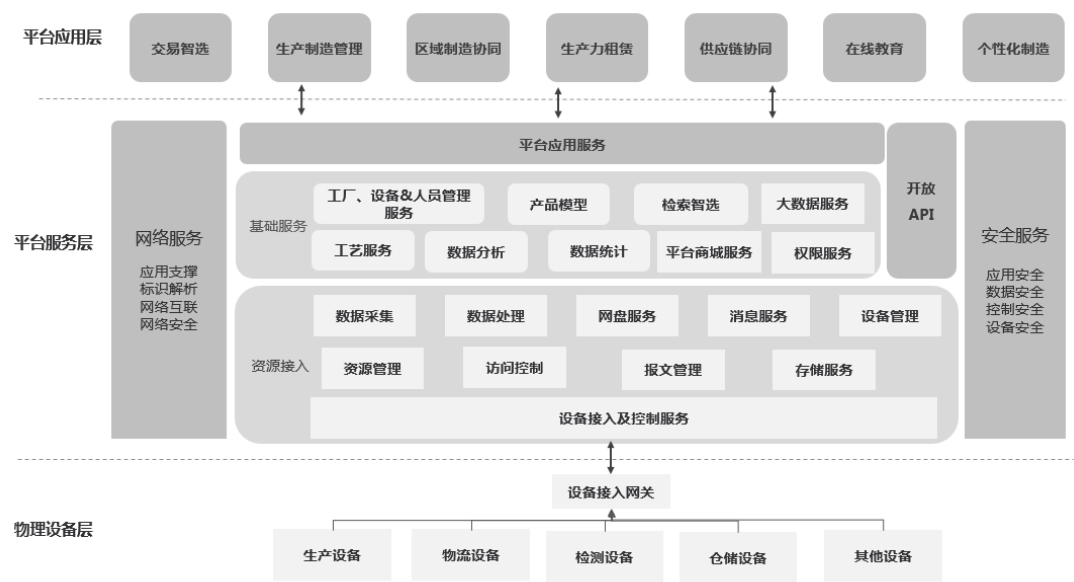
宝钢通过宝信工业互联网平台，实现了表检仪实时分析。首先将生产缺陷以图像形式经表检仪上传到宝信工业互联网平台，平台参照图像数据库确定产品缺陷等级，然后将这些标定好的图像库通过机器学习算法进行处理，形成缺陷等级分类器。最后将数据传送到现场的边缘服务器上，快速对产线上的产品缺陷等级进行分类，并发送指令对生产过程进行干预。

凭借宝信工业互联网产品，宝钢实现了对多源、多结构数据信息的融合处理，完成了对生产过程中的钢板进行质量闭环控制，减少了人工的直接参与，降低了工人的劳动强度，减少了出错的几率，同时也减少了人力成本的投入。

智能云科- iSESOL 平台

平台介绍

智能云科是互联网云制造服务平台企业，以智能数控设备为基础，高端工业服务为途径，整合广泛社会资源，打造 iSESOL 平台。平台共分为三个层级，分别为业务应用层、平台服务层及物理系统层。



智能云科 iSESOL 平台架构

iSESOL 工业云平台主要包括五项功能：一是设备资源接入、基础服务、应用服务以及对外开放 API；二是通过云端 Agent 服务进行设备接入验证以及构建数据传输通道，提供数据采集、数据存储以及数据分析等服务；三是提供工业生产要素的建模及分析、工业大数据分析、工艺分析等服务；四是提供 iSESOL 上层业务系统数据交互服务；五是通过开放 API，实现外部系统接入以及对外数据支持服务。

通过与智能装配等相关企业合作，iSESOL 平台已经接入大量生产资源，从单一的金切领域扩展到机加工大部分领域，并辐射到整个制造业。

平台应用案例：基于 iSESOL 云平台的机床租赁应用

某精密机械公司为节省现金流计划采用租赁模式投入 5000 套智能装备，并对各分支工厂制造流程进行实时监控，提升运维服务速度和质量。

通过 iSESOL 平台的分时租赁功能，该公司成功构建设备服务平台，实现上百台装备接入，提升设备运行状况及加工效果，并在制造过程实现了云端远程监控和数据分析，制造工艺得到优化。

美云智数-MeiCloud 平台

平台介绍

美云智数是由美的集团专门成立的云计算技术和服务提供商，通过智能制造、物联网、大数据、云计算、移动互联网等技术推出工业互联网平台 MeiCloud。

MeiCloud 平台包括数据采集层、PaaS 平台层和 SaaS 层。数据采集层支持 DCS、PLC、DDC、现场总线、智能仪表等多种设备的通讯协议。PaaS 层由云开发平台 CDP、持续交付平台 CICD 和运维监控平台 OvO 三部分组成，既可以支持 SaaS 应用建设，也支持传统单体应用的建设。SaaS 层开发部署了各种智能应用，主要包括云端 MES 服务、企业间协作服务、数据服务、电子商务服务等。

目前，美的 MeiCloud 平台实现与 10000 多台工厂生产设备的对接。并与长安汽车、京信通信、金龙客车等 30 多家企业建立合作关系。

平台应用案例：美云智数对美的空调武汉工厂进行智能改造

美的空调武汉工厂基于美云智数 MeiCloud 平台，一是通过条码，RFID 或联机取数进行数据采集；二是通过供应商配货，发货更新供应商库存和发货信息，提高生产计划齐套信息准确性；三是提供分计划层面及配送拉动方案；四是通过采集并分析生产运营数据，提升公司产品的质量控制能力；五是通过平台数字中

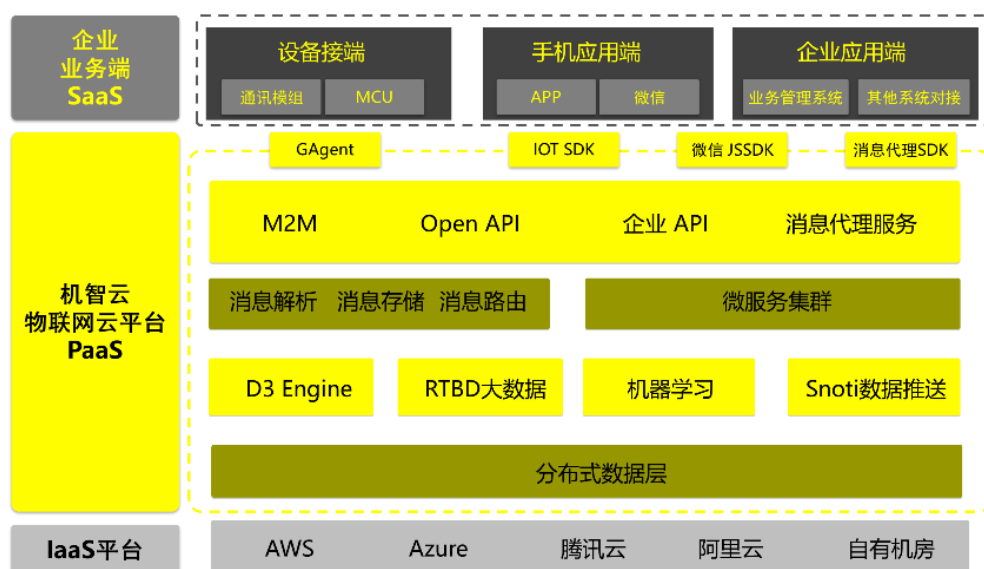
枢实现生产监控预警，设备异常反馈及处理。

通过 MeiCloud 平台建设，该工厂实现生产计划和生产执行的柔性执行、整体供应链效率提升与成本降低。

机智云-Gizwits IOT Enterprise 平台

平台介绍

机智云是面向物联网的开发平台提供商和云服务商，主要基于设备连接向用户提供应用开发接口和功能组件，并提供数据分析引擎和解决方案。为解决企业物联网应用需求，机智云开发 PaaS 平台产品 Gizwits IOT Enterprise（简称 GIE），以降低企业研发成本，加快产品产出速度，提升企业生产效率。



机智云 GIE 平台架构

GIE 平台实现三方面功能：一是提供端到端的设备、应用基础接入能力，通过连接组件 GAgent 为设备与云端、APP 端提供连接服务；二是提供应用 SDK、API 以及微服务集群，通过 Dynamic Data Director Engine 等扩展服务组件，支持快速应用开发；三是提供 RTBD 实时大数据分析工具，基于 Spark 实时计算框架，根据企业的业务应用场景进行数据的计算与处理。

目前，机智云能够为电子信息、能源、制药等行业企业提供仿真系统搭建、生产现场参数监测调节、能源优化等服务。

平台应用案例：机智云为某公司打造工业设备分享租赁平台

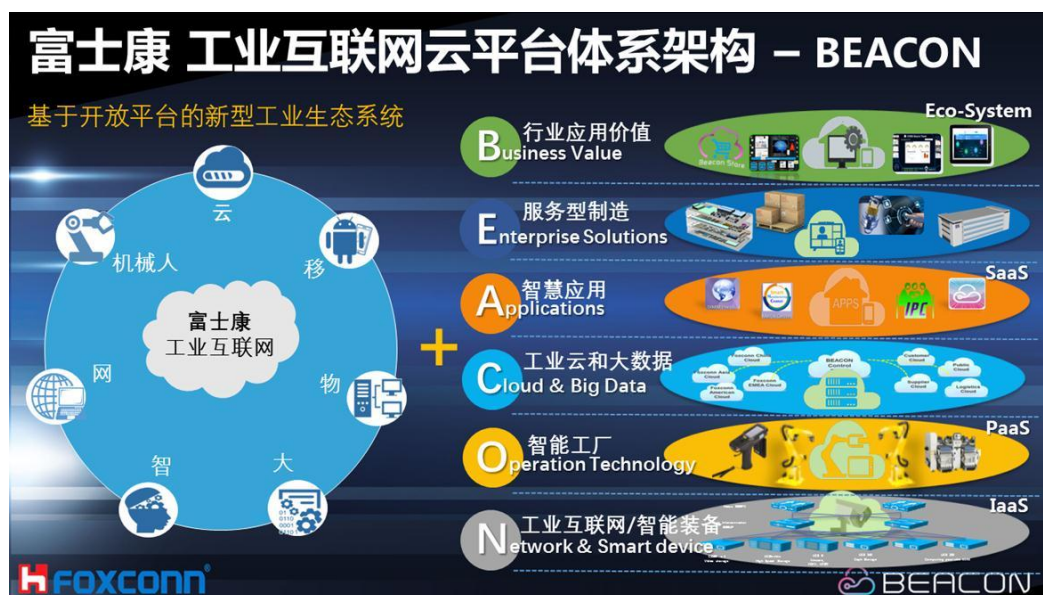
某新能源科技公司拥有大量充电桩，需要进行分时租赁及管理维护。机智云通过 GIE 平台帮助该公司进行智能充电桩充电服务系统、物联网支付系统、充电桩客户端等 APP 应用开发，实现智能充电桩管理监控、用户找桩用桩支付、区域布桩优化等功能服务，推动企业数字化运营转型。

目前，该企业通过 GIE 平台投入运营超过 40000 台智能充电桩，根据用户使用情况分析制定合理投放运营策略，并通过大数据分析优化找桩服务。

富士康-BEACON 平台

平台介绍

富士康科技集团是专业从事生产消费性电子产品、网络通讯产品、计算机周边产品的高新科技企业。富士康集团于 2017 年开发了工业互联网平台 BEACON。探索将数字技术与其 3C 设备、零件、通路等领域的专业优势结合，向行业领先的工业互联网公司转型。



BEACON 平台架构图

BEACON 平台通过工业互联网、大数据、云计算等软件及工业机器人、传感器、交换机等硬件的相互整合，智慧控制塔从而建立了端到端的可控可管的智慧云平台。将设备数据、生产数据、产业专业理论进行集成、处理、分析，形成开放、共享的工业级 APP。

目前，富士康借助 BEACON 平台实现生产过程全记录、无线

智慧定位、SMT 数据整体呈现（产能/良率/物料损耗等）、数据智能实现集中管理数据、基于大数据的智能能源管控和自适应测试平台。

平台应用案例：基于 BEACON 平台的能耗优化

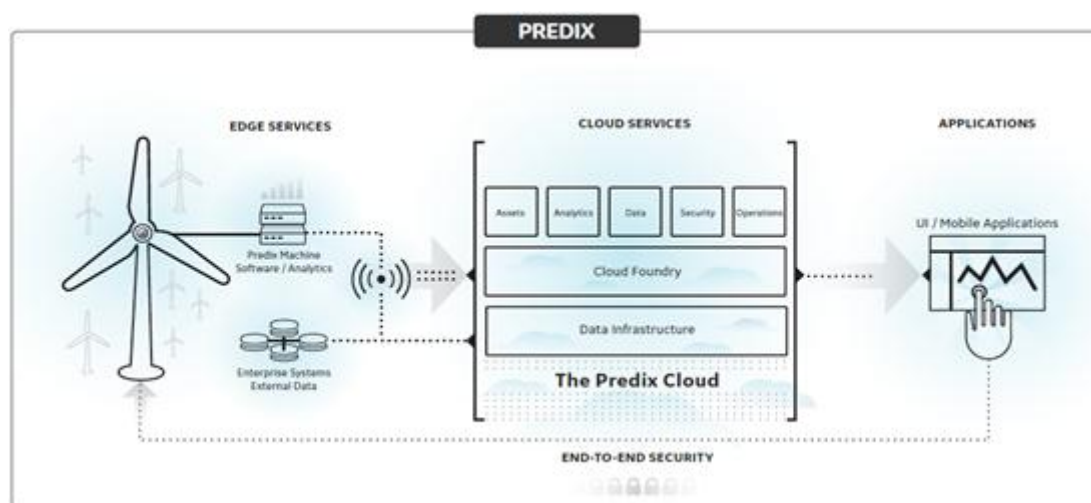
富士康产品制造过程以往面临诸多难题，如特定机种制作过程中难以分析电能使用效率、无法确定接料和换料时机、设备周期缺乏预警机制等问题。

凭借 BEACON 平台，富士康集团的制造过程实现了设备能耗实时监控，优化了生产过程中 2C 排程。平台 SMT 自动送料系统通过智能 AOI 参数修正反馈，实现设备智能保养与防错、SMT 良率预测等智能化功能。使用 BEACON 平台后，企业实现制造环节省电 10%，明显减少设备维护及上料时间，弱化自动在线测试环节，提高产品一次性良品率。

GE-Predix 平台

平台介绍

GE（美国通用电气公司）是世界上最大的装备与技术服务企业之一，业务范围涵盖航空、能源、医疗、交通等多个领域。GE 于 2013 年推出 Predix 平台，探索将数字技术与其在航空、能源、医疗和交通等领域的专业优势结合，向全球领先的工业互联网公司转型。Predix 平台的主要功能是将各类数据按照统一的标准进行规范化梳理，并提供随时调取和分析的能力。



Predix 平台架构图

Predix 平台架构分为三层，边缘连接层、基础设施层和应用服务层。其中，边缘连接层主要负责收集数据并将数据传输到云端；平台层主要提供基于全球范围的安全的云基础架构，满足日常的工业工作负载和监督的需求；应用服务层主要负责提供工业微服务和各种服务交互的框架，主要提供创建、测试、运行工业互联网程序的环境和微服务市场。

GE 目前已基于 Predix 平台开发部署计划和物流、互联产品、智能环境、现场人力管理、工业分析、资产绩效管理、运营优化等多类工业 APP。

平台应用案例：布鲁斯电力公司核电设备健康管理

布鲁斯电力公司通过 8 个每个能够生产多达 800 兆瓦的核反应堆为加拿大安大略省提供约 30% 的基础电力，但面临发电效率低下、核电设备维护难度等问题，公司对设备的定期维护也缺乏统一管理，容易造成延误。

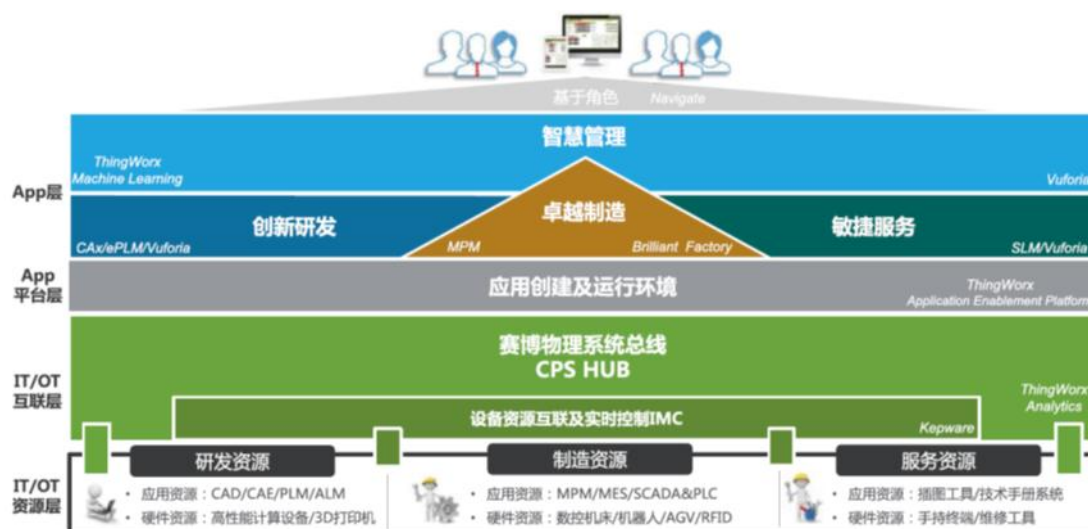
通过 Predix 平台的 APM 功能，GE 公司为布鲁斯电力公司提供了核电设备实时监控和故障反馈服务，设备运行数据实现可视化管理，满足高等级的核电安全标准，平台参考设备生命周期模型分析参数后确定最佳安全维护周期，并对危险系数较高的设备提供实时预警服务。

凭借 Predix 平台，布鲁斯电力公司的单个核电设备连续运行 500 天即可为当地提供全年 15% 的电力，效率大幅上升，平均发电价格降低了 30%，设备稳定性明显上升。

PTC-ThingWorx 平台

平台介绍

PTC 基于在工业软件领域的经验积累推出 ThingWorx 平台，其功能定位是为应用开发商或工业 SaaS 运营商提供现代化的快速应用开发工具和服务运营能力。



PTC ThingWorx 平台架构图

ThingWorx 平台主要提供的组件包括基于 Kepware OPC Server 的工业协议转换和数据采集、源于 Axeda 远程资产管理解决方案的 ThingWorx Utilities 设备管理、基于机器学习的 ThingWorx Analytics 大数据分析、基于 CAD 产品数字模型和 Vuforia 技术集成的 ThingWorx Studio、数字孪生等服务。除此之外，平台还包括 Controls Advisor、Production Advisor、Asset Advisor、Navigate 等用于应用创新的功能模块。目前，在平台上大约有 21 个企业级应用、142 个插件、77 个认证产品。

平台应用案例：基于 ThingWorx 平台的设备预测性维护

HIROTEC 是全球性自动化生产设备和零部件供应商，面临设备数据集成困难、设备停机严重影响生产计划等问题。

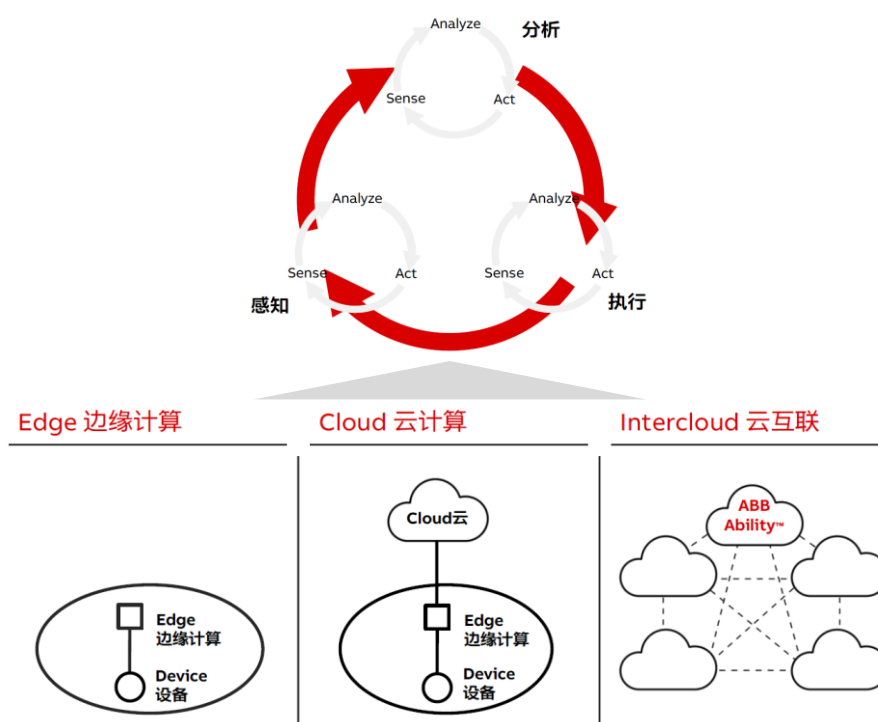
HIROTEC 基于 ThingWorx 平台组件打通 OT 层和 IT 层，实现 CNC 机器运行数据和 ERP 系统数据的对接，并基于大数据服务对机器数据进行挖掘和分析。

通过 ThingWorx 平台，HIROTEC 实现运营部门和生产部门之间的深度协作，有效减少设备停机时间，降低企业运营成本。

ABB-ABB Ability 平台

平台介绍

ABB 是设备制造和自动化技术领域的领导厂商，拥有电力设备、工业机器人、传感器、实时控制和优化系统等广泛的产品线。ABB 于 2017 年推出了工业互联网平台 ABB Ability，探索将数字技术与其在电气自动化设备制造等领域的专业优势结合，向全球领先的工业互联网公司转型。



Ability 平台构架图

ABB Ability 平台由 Ability Edge 和 Ability Cloud 构成。ABB Ability Edge 主要用于数据的采集，包括设备及生产控制系统（SCADA，DCS）的数据，通过 Ability Edge 内置的数据模型进行预处理，并传输至云端。Ability Cloud 是基于 Microsoft

Azure 云基础架构及其应用服务，通过对数据进行集成管理和大数据分析，形成智能化决策与服务应用。未来，ABB 还计划将其 Ability 与其他工业互联网平台进行互联互通，实现业务协作。

目前 ABB Ability 平台主要应用于采矿、石化、电力、食品、水务、海运等领域。未来，ABB 计划依托其超过 7000 万个连接设备和 7 万个控制系统的存量设备，不断拓展 Ability 平台应用。

平台应用案例：美国电力公司基于 ABB Ability 平台实现设备预测性维护

美国电力公司（AEP）以往主要依靠现场诊断对设备运行数据进行分析，工作效率较低，时常面临高压设备带来的安全危险，而零部件的更换维修则主要依据产品手册，设备寿命固定。

通过合作，ABB 公司为美国电力公司的变压器、断路器和蓄电池分别加装了 8600 个、11500 个和 400 多个传感器，对设备进行数据采集、诊断与分析，并形成有效的资产管理方案。ABB Ability 平台对汇聚的数据进行统计、经验分析、模型参照、大数据计算等，借助多功能智能仪表盘呈现变压器状态、故障概率分析和维修行动建议等。

凭借 ABB Ability 平台，美国电力公司可以实时监控其设备参数，实现设备预测性维护。高压设备运行、维护风险降低了 15%，设备寿命延长了 3 年，维护成本降低了 2.7%，设备维护效率提高了 4%，维护策略成效提升 8%，有效降低了设备维护成本。

施耐德-EcoStruxure 平台

平台介绍

施耐德电气公司是全球著名的电气设备制造商和能效管理领域领导者，为 100 多个国家提供能源整体解决方案。施耐德于 2016 年发布 EcoStruxure 平台，探索将数字技术与其在电力设备等领域的专业优势结合，实现施耐德集团制造设备的互联。



EcoStruxure 平台架构图

EcoStruxure 平台包括三个层级，第一层是互联互通的产品。产品涵盖断路器、驱动器、不间断电源、继电器和仪表及传感器等。第二层是边缘控制。边缘控制层可以进行监测及任务操作，简化管理的复杂性。第三层是应用、分析和服。应用可以实现设备、系统和控制器之间的协作，分析则通过运营人员的经验形成模型，用模型促进改善策略的形成，提升决策效率与精准度，服务提供可视化的人机接口，实现业务控制和管理。

EcoStruxure 平台目前已联合 9000 个系统集成商，部署超过 45000 个系统。平台主要面向楼宇、信息技术、工厂、配电、电网和机器六大方向。

平台应用案例：基于 EcoStruxure 平台的能耗管理优化

过去，福特汽车公司月末报告和实时数据之间存在六周的延迟，导致未能抓住节能和采购节省的机会。福特缺乏对北美地区所有制造厂的资源整合能力，未实现生产制造设施的实时通信和管理，无法获取电力和天然气消耗的实时数据。

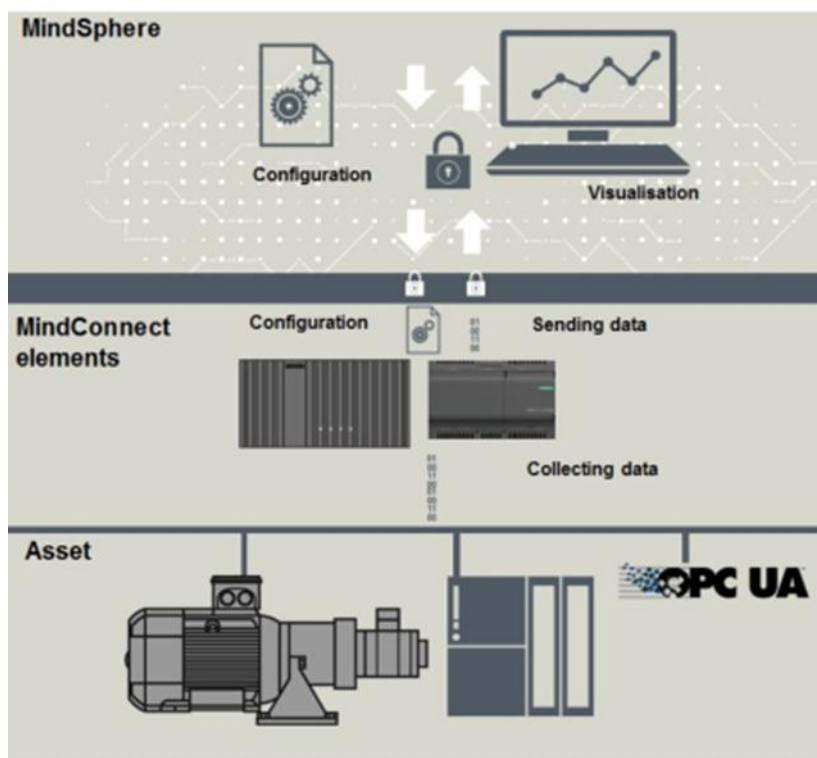
施耐德电气的电力管理运营部门依托 EcoStruxure 平台为福特打造企业能源管理（EEM）软件系统。系统为福特汽车公司在美国境内的 43 座设施收集电力数据并进行本地处理，然后发送到云端能源管理系统。这种方式可实现现场和远程监控，从而产生优化的节能增效。

凭借施耐德 EcoStruxure 平台，福特公司节能增效提高 30%，节省 2% 的能源开支。

西门子-MindSphere 平台

平台介绍

西门子股份公司是全球电子电气工程领域的领先企业，业务主要集中在工业、能源、基础设施及城市、医疗 4 大领域。西门子于 2016 年推出 MindSphere 平台。该平台采用基于云的开放物联网架构，可以将传感器、控制器以及各种信息系统收集的工业现场设备数据，通过安全通道实时传输到云端，并在云端为企业提供大数据分析挖掘、工业 APP 开发以及智能应用增值等服务。



MindSphere 平台架构图

MindSphere 平台包括边缘连接层、开发运营层，应用服务层三个层级。主要包括 MindConnect、MindCloud、MindApps 三个核心要素，其中 MindConnect 负责将数据传输到云平台，

MindCloud 为用户提供数据分析，应用开发环境及应用开发工具，MindApps 为用户提供集成行业经验和数据分析结果的工业智能应用。MindSphere 平台目前已在北美和欧洲的 100 多家企业开始试用，并在 2017 年汉诺威展上与埃森哲、Evosoft、SAP、微软、亚马逊和 Bluvision 等合作伙伴展示了多种微服务和工业 APP。

平台应用案例 1：格林机床应用 MindSphere 平台

格林科技利用西门子 S7 采集机床产品中的 6 组数据，每 30 秒采集一次并上传至 MindSphere 平台，实现了失效报警等功能。

平台应用案例 2：Bluvision 应用 MindSphere 平台

IOT 解决方案供应商 Bluvision 在可口可乐荷兰 Dongen 工厂中的 150 个小型电机上安装了传感器，并将数据上传至 MindSphere 平台，基于对电机震动情况的数据分析实现故障预警。



联系我们

工业互联网产业联盟 秘书处

地址：北京市海淀区花园北路52号，100191

电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

网址：<http://www.aia-alliance.org>

