



联想（北京）有限公司

## 联想工业互联网平台 (iLeapCloud) 建设与实践

引言：联想（北京）有限公司（以下简称“联想”），是联想集团（香港上市）的主体法人，《财富》世界 500 企业，拥有 57,000 名员工。为实现“智能，为每一个可能”的公司愿景，联想致力于开发创新技术，建设一个更加包容、值得信赖和可持续发展的数字化社会，持续研究、设计与制造全球最完备的端到端智能设备与智能基础架构产品组合，引领和赋能智能化新时代的转型变革，为全球亿万消费者打造更好的体验和机遇，携手成就未来。

作为全球最大的电子设备制造商之一，联想以自身“互联网+先进制造”转型为切入点，积极开展联想自身的智能制造，打造了契合自身战略需要，具有自主知识产权，安全可靠的工业互联网平台—iLeapCloud（以下简称“iLeapCloud 平台”）。自 2011 年启动以来，iLeapCloud 平台已在联想内部，为分布在全球的 31 家工厂提供了智能制造基础设施、产品及解决方案服务，实现了超过 70%联想产品的“七日内交付式个性化定制”，实现了全球超过 2 亿台联想设备运行状态的全面上云，全面提升了新品研制周期和产品后服务体验，新品预测准确率提升了 90%，形成了包括个性化定制、网络化协同、智能化生产和服务化转型的新制造能力。

自 2016 年起，联想以自身基于 iLeapCloud 形成的实践经验和产品解决方案体系，开展对外服务。截至目前，已累计为超过 100 家国内制造业 500 强企业提供了包括全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同在内的安全可靠产品及解

决方案；接入了 336559 台工业设备、支持 33 种主流工业协议，聚集了 193 个机理模型和 1116 个工业 APP。形成了覆盖电子设备、汽车制造、石油化工、机械加工、家电五个行业的超过千家产业链上下游企业用户。

### 一、项目概况

作为全球最大的电子设备制造商之一，联想以自身“互联网+先进制造”转型为切入点，积极开展联想自身的智能制造，打造了契合自身战略需要，具有自主知识产权，安全可靠的工业互联网平台——iLeapCloud（以下简称“iLeapCloud 平台”或“联想工业互联网平台”）。经过了超过 7 年的积累和发展，iLeapCloud 平台在内外部广泛实践的基础上，发展出如下平台亮点：全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同，并依托芯片增强安全（TCM 芯片）的工业核心数据和工艺参数的完备安全管理能力，广泛应用于汽车制造、石油化工、电子设备、机械加工、家电等行业，为客户带来诸多价值。

iLeapCloud 平台已在联想内部，为分布在全球的 31 家工厂提供了智能制造基础设施、产品及解决方案服务，实现了超过 70%联想产品的“七日内交付式个性化定制”，实现了全球超过 2 亿台联想设备运行状态的全面上云，全面提升了新品研制周期和产品后服务体验，新品预测准确率提升了 90%，形成了包括个性化定制、网络化协同、智能化生产和服务化转型的新制造能力。

自 2016 年起，联想以自身基于 iLeapCloud 形成的实践经验和产品解决方案体系，开展对外服务。截至目前，已累计为超过 100 家国内制造业 500 强企业提供了包括全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同在内的安全可靠产品及解决方案；接入了 336559 台工业设备、支持 33 种主流工业协议，聚集了 193 个机理模型和 1116 个工业 APP。形成了覆盖电子设备、汽车制造、石油化工、机械加工、家电五个行业的超过千家产业链上下游企业用户。

#### 1. 项目背景

经济新常态下，我国工业产业在供给侧面临着人口红利持续减退、普遍的产能过剩以及同质化竞争的挤压，工业产业亟需通过建设可用好用的工业互联网平台，以充分发挥工业装备、工艺和材料潜能，提高生产效率和产品品质、优化资

### 3 | 工业互联网先进应用案例集

源配置效率、创造差异化产品、改善服务体验、提升产品附加值，实现智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化转型。

作为全球最大的电子信息产品制造商之一，联想每年设计、生产、销售个人电脑，手机和服务器等产品超过 1 亿台，在全球拥有超过 3 亿用户。在全球拥有 31 家智能工厂，280 万家分销商和渠道商，3000 余家零部件供应商，整个产品系列的 SKU 种类超过 20 万种，是 Gartner 评选的唯一连续五年进入全球供应链前 25 名的中国企业。

作为电子信息制造行业的代表企业，随着竞争的日益激烈，产品同质化带来产品附加值和利润的逐步降低，以及复杂供应链带来的进一步效率提升困难，解决以下共性问题，实现平台互联互通，推动工业资源、知识和能力的固化、复用和推广，建设面向解决多行业、多领域、多场景基础共性问题的工业互联网平台，将是推动物联网、大数据、云计算、人工智能与传统工业应用深度融合，落实国家振兴实体经济战略部署的重要措施，加速全产业链转型升级，服务联想垂直智能战略，实现“智能，为每一个可能”的联想愿景的重要抓手：

(1) 如何解决联想全球 31 家工厂上千种制造、检测和装配设备的实时工艺和工况数据全球实时采集，实现对电子设备制造过程 15000 余种工况的有效管理以及工艺智能化提升，提高产品质量和生产效率，实现智能化生产；

(2) 如何通过对不同类型企业复杂信息系统和控制系统数据的有效整合以及分析，实现联想产业链上下游 3000 余家供应商、280 万家分销商和渠道商的网络化协同；

(3) 如何通过数据驱动的人工智能创新，重塑企业的产品研发，实现产品的研发创新和个性化定制；

(4) 如何通过企业全价值链协同促进服务模式创新，改善用户对产品的使用体验和用户满意度，实现电子设备制造行业的服务化转型；

(5) 如何基于自身的成功实践经验，开展对外赋能，推动基于全域数据联动、弹性系统调优、规模性质协同的，安全可靠的个性化定制、网络化协同、智能化生产和服务化转型。

带格式的：正文，缩进：首行缩进： 0.74 厘米

## 2. 项目简介

## 4 | 工业互联网先进应用案例集

联想工业互联网平台建设以 iLeapCloud 工业互联网平台建设运营为基础，面向汽车、电子、石化、家电、机加行业，研制跨平台跨领域的产品及解决方案。通过建立和丰富平台知识库、用例库、模型库，开展垂直行业的多领域智能化赋能，进一步丰富平台功能完整性、可靠性、兼容性、安全性。通过对产品及解决方案的持续迭代和验证，丰富和完善平台在边缘计算与优化、通用 PaaS、工业数据建模分析、机理模型与微服务组件开发应用、APP 开发、平台互联互通和芯片级硬安全方面的能力，不断丰富和完善平台应用生态。

iLeapCloud 平台建设内容包括以下 5 个部分：

### （1）工业互联网平台基础环境建设

建设普适可靠的工业互联网的基础环境，形成基于 iLeapCloud 的平台规范，形成支持工具库，知识库、用例库建设的基础设施。

### （2）工业互联网平台设计与实施

形成测试用例集，形成完整的平台测试方案，完成工业互联网平台功能完整性、可靠性、兼容性、安全性等试验测试。

### （3）平台组件培育

全方位完善平台产品及解决方案体系，面向汽车、石化、电子设备、家电、机加等行业，开展基于 iLeapCloud 平台的垂直智能试验测试和部署实施，加快工业机理模型及微服务组件、云化软件、工业 APP 等平台关键组件的培育。

### （4）基于工业互联网平台的垂直行业解决方案培育

面向汽车、石化、电子设备、家电、机加等行业，聚焦异构数据管理、工业数据建模分析、工业机理模型与微服务开发、工业 APP 创新等关键问题，形成推广方案。

### （5）平台服务推广与生态建设

面向汽车、石化、电子设备、家电、机加行业的全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同等应用场景领域，开展服务推广，探索平台应用推广和生态建设，加快平台核心组件、模型、工具的快速迭代和优化。

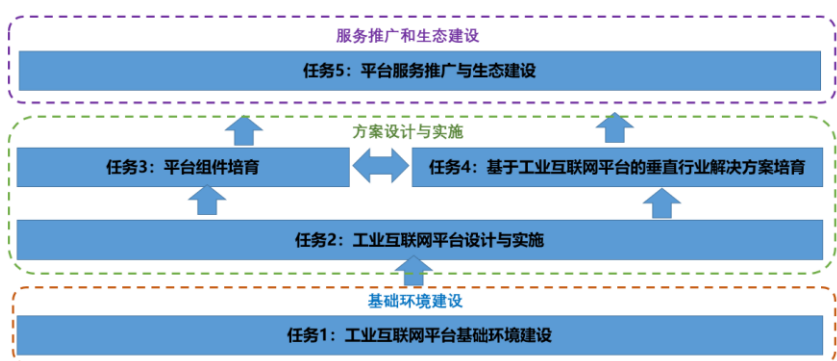


图1 项目主要建设内容及实践路径

设置了格式：字体：11 磅

### 3. 项目目标

针对我国制造业“大而不强”的问题，围绕海量终端接入、边缘计算与优化、工业知识复用、软件开发部署、工业资源共享等基础共性问题，建设基础共性工业互联网平台试验测试环境，实现“1+3+5+5”目标：

“1”：建设一个涵盖工业互联网平台基础共性能力和生态的试验测试环境，支持适配性、功能性和可靠性的试验测试。

“3”：形成包括（1）覆盖功能完整性、可靠性、兼容性、安全性的测试用例库；（2）包含工艺及能耗管理、流程优化、生产管控、产品智能运维、供应链协同等跨领域能力在内的工业知识库；（3）形成 iLeapCloud 平台架构规范。

“5”：建立多源设备、海量数据、异构网络、多维场景的模拟环境，聚焦异构数据管理、工业数据建模分析、工业机理模型与微服务开发、工业 APP 创新、平台互联互通 5 个基础能力，通过开展垂直行业应用，促进工业设备接入、工业 APP 培育，加速平台功能迭代，持续优化核心要素。

“5”：在汽车、石化、电子设备、家电、机加等国内重点工业领域，开展推广应用，加快平台业务推广和生态建设。

## 二、项目实施概况

项目以 iLeapCloud 建设运营为基础，向电子、汽车、石化、机加、家电行业，建设基础共性工业互联网平台，研制跨平台跨领域的平台工具。围绕平台功能完

整性、可靠性、兼容性、安全性，持续丰富和完善平台在边缘计算与优化、通用 PaaS、工业数据建模分析、机理模型与微服务组件开发应用、APP 开发、平台互联互通和芯片级硬安全方面的能力。

### 1. 项目总体架构和主要内容

iLeapCloud 平台架构如图 2 所示，平台具备面向多行业、多领域、多场景的设备接入能力、边缘计算与优化能力、工业知识复用能力、工业资源共享能力、工业 APP 开发能力及平台互联互通能力等关键共性能力，具有基于数字孪生的多源设备、海量数据、异构网络、多维场景的工业镜像建设能力。平台主要功能及主要建设内容简述如下：

—

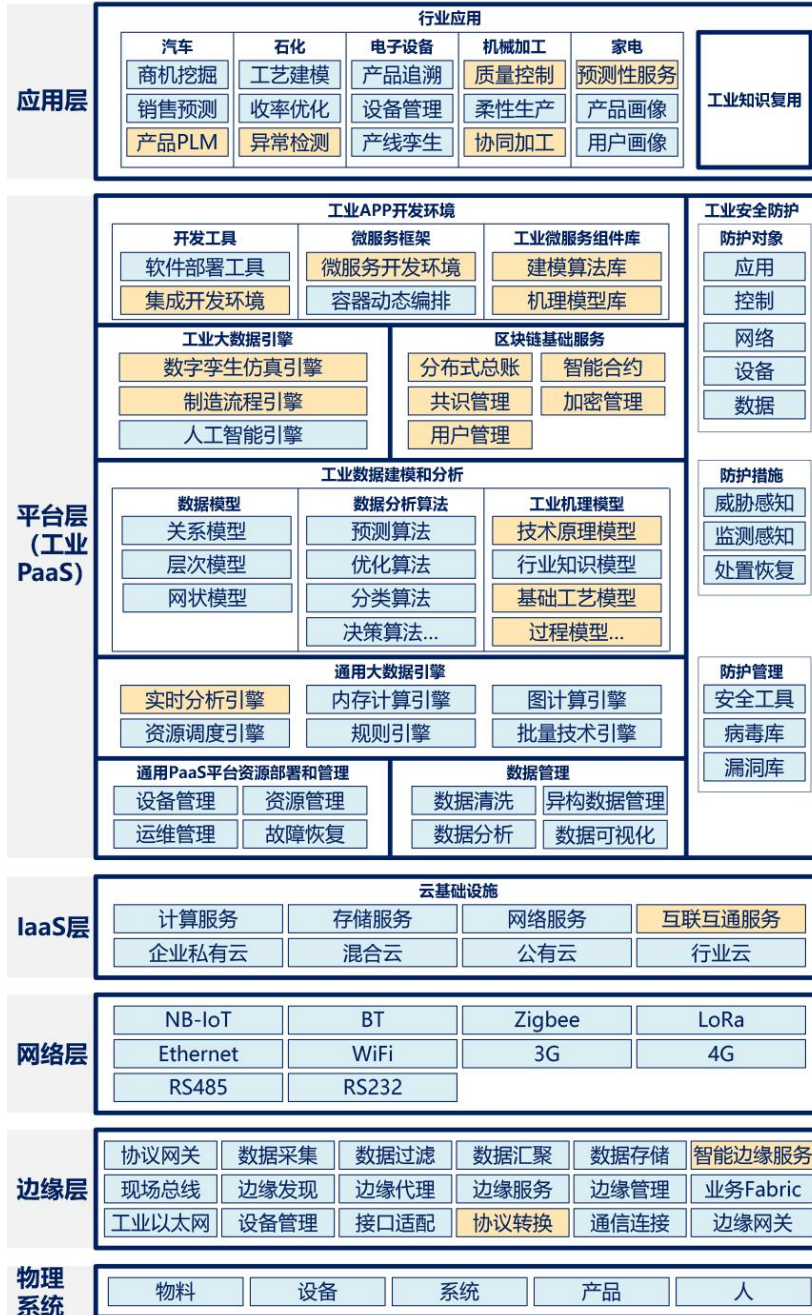


图2 平台总体架构

设置了格式: 字体: 11 磅

**边缘层：**即数据采集层，在设备接入方面具备传感器接入、设备接入、智能网关连接、协议解析适配等边缘连接能力；提供智能开发板、边缘服务器等边缘开发能力。

**网络层：**具备面向复杂工业应用网络环境，提供针对短中长距各类网络连接的支撑能力，提供串口总线 RS232/485、Ethernet、WiFi、2/3/4/5G WWAN、NB-IOT、BT、Zigbee、LoRa 等各类连接协议支持。

**IaaS 层：**提供企业私有云、公有云部署能力，通过跨云访问技术实现复杂混合多云模式下的 IaaS 协同能力，为工业资源共享与互联互通提供平台保障。

**平台层（工业 PaaS 层）：**提供设备管理、资源管理（弹性伸缩计算环境、容器动态编排与调度）、运维管理模块，支持平台资源部署与管理能力；提供数据清洗、异构数据管理、数据分析与数据可视化模块，支持海量异构数据的管理能力；提供批量计算引擎、实时分析引擎和资源调度引擎，支持基于数据模型、数据分析模型、工业机理模型的工业数据建模与分析能力；提供在制造流程引擎、数字孪生仿真引擎、人工智能引擎支持下，基于开发工具、微服务框架、工业微服务组件，快速形成工业 APP 的能力。

**应用层（工业 SaaS 层）：**提供从需求分析、产品研发、生产制造、过程控制、供应链协同到营销服务的各类工业 APP 及 APP 框架，涵盖需求画像、产品画像、行为画像、辅助设计、辅助分析、数据计算、协同仿真、工厂设计、资源计划、流程仿真、物流管理、线上实训、过程监测、运行日志、设备运维、过程优化、过程控制、供应链管理、企管财务、销售管理、资产管理、运营决策、舆情分析、智能客服、质量溯源、维修备件、远程服务等全价值链应用。以及面向用户的精准营销、智慧研发、协同制造、智慧服务、智能供应链等应用，面向供应商和开发者的用户运营、开发者社区、产业联盟协作门户等的业务综合应用。

**工业安全防护：**针对工业 APP，控制网络、设备、数据，提供威胁感知、监测感知、处置恢复及安全目标管理、风险评估管理和安全策略管理能力。

## 2. 网络、平台或安全互联架构

iLeapCloud 平台的支撑网络连接包括网络互联和数据互通两个层次。

网络互联，包括工厂内网络和工厂外网络。工厂内网络，包括 IT 网络和 OT



网络，用于连接工厂内的各种要素，包括人员（如生产人员、设计人员等）、机器（如装备、办公设备）、材料（如原材料、在制品等）、环境（如仪表、监测设备）等。通过工厂内网络，与企业数据中心及应用服务器互联，支撑工厂内的业务应用。

工厂外网络，用于连接智能工厂、分支机构、上下游协作企业、工业云数据中心、智能产品与用户等主体。

数据互通，实现数据和信息在各要素间、各系统间的无缝传递，使得异构系统在数据层面能相互“理解”，从而实现数据互操作与信息集成。数据互通的连接层，一方面支撑各种工厂要素、出厂产品等产生的底层数据向数据中心的汇聚；另一方面为上层应用提供对多源异构系统数据的访问接口，支撑工业应用的快速开发与部署。

数据管理模块所提供全图形化的数据处理工具，通过拖拽方式设计各类 ETL 过程，简便易用。通过组态编排方式提供数据冗余剔除、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。

总体数据架构分为加载数据层/临时层、核心数据层、业务应用层，如下图所示。



图 3 三层数据架构

设置了格式：字体：11 磅

带格式的：缩进：首行缩进： 2 字符

### 3. 具体应用场景和应用模式

围绕 iLeapCloud 平台，联想已建设完成全球 10 个数据中心，2000 台服务器，总数据量超过 15PB。边缘计算平台已接入全球超过 2 亿台联想设备，31 家工厂和 3000 余家零部件供应商，每天汇集并处理 150 亿条数据，分析包括 15000

余种工况和工艺指标数据。平台对接了联想自身超过 200 个业务系统，集成了超过 280 万家分销商和渠道商数据，通过 IT 和 OT 域的数据融合以及人工智能创新，构建了联想自身数百个工业智能化场景，覆盖包含研、产、供、销、服的整个价值链。

通过 8 年的对外服务，平台已接入了 336559 台工业设备、支持 33 种主流工业协议，接入的设备覆盖了全国 7 个区域的近千家企业用户；聚集了 193 个机理模型和 1116 个工业 APP。形成了覆盖电子设备、汽车制造、石油化工、机械加工、家电五个行业的工业互联网平台解决方案。产品及解决方案先后击败了 IBM、PTC、德勤、甲骨文等国外巨头，业务进入深水区。

### (1) 电子设备制造行业

作为全球最大的个人电脑制造商，联想设计、生产和销售的个人电脑、手机和服务器等产品总和超过 2 亿台，在全球拥有超过 3 亿名用户。联想在全球建设有 31 家智能工厂，合作伙伴包括 280 万家分销商和渠道商、3000 余家零部件供应商，整个产品系列的 SKU 种类超过 20 万种，是 Gartner 评选的唯一连续五年进入全球供应链前 25 名的中国企业。



图 4 电子设备行业平台关键组件图

设置了格式：字体：11 磅

通过构建联想工业互联网平台 (iLeapCloud)，运用物联网和边缘计算技术，全面整合 IT 数据、OT 数据和互联网数据，通过统一的大数据平台，实现研发、工艺、生产、采购、物流、销售、服务等系统的数据湖，优化企业全价值链，实现规模定制协同，最终形成了面向联想全球业务的智能化制造转型解决方案。

通过建立用户画像系统和产品画像系统，对全球用户的行为进行精准画像，

以及对产品的用户需求满足度的分级画像，精准解析用户个性化需求，通过对产品实施的全生命周期精细化服务和对产品全生命周期的数据采集和分析，结合有效的工业机理模型，形成了电子设备制造行业全球个性化定制和网络化协同解决方案。

面向网络化协同的产业链上下游管控方案，在联想实施后，覆盖超过联想 PC 产线 190,000+ 的产品物料（包含维保物料 60,000 件，支持每天 8,000+ 的服务订单）。管理供应链超过 200+ 个全球物流仓库，实现端到端的物流成本优化。滚动销售预测不仅仅覆盖产品全生命周期，包括末次采购期、新品导入期，也覆盖部件的临时性、季节性销售期。全生命周期预测率上升 11%，末次采购预测准确率上升 14%。

面向个性化定制的产品及用户画像方案，在联想广泛使用后，显著提升了联想对用户的远程触达能力，极大提升了新品设计、精准营销、服务优化等方面的效率。辅助新品设计、线上标签好评率达到 96.56%。双十一活动中，点击率提升 1 倍，转化率提升 8.3 倍。在联想超品日，年销售收入同比增长达 107%。通过 LBS 推送客户附近的新门店开业动态，到店用户人数提高 10%，销售量同比增长 3.4%

面向服务化转型的售前及售后业务优化方案，在联想实施后，有效地整合了原有分散在各个不同业务系统、不同渠道中的商业客户、商业行为等数据，实现了以商业信息及业务需求驱动的新商业洞察能力，并贯穿了产品从设计制造、质量跟踪到售后维保的全生命周期。例如，全球产品激活数据从数天到实时统计，商业客户的跟踪覆盖率从原有的 5% 提升到 80+%，为公司每年挖掘价值数百万美金的潜在商机。产品系统/软件缺陷感知/修复时间从数周到 2~3 天，提升呼叫中心服务满意度 9 个百分点。

## （2）汽车制造行业

当前，汽车行业在同质化低利润的市场环境下，为了降低成本扩大份额，需要实现多环节的协同联动，不仅需要前端供应链的全域数据，而且需要挖掘售后市场数据、用户数据、使用数据等，通过工业互联网平台，以产品全生命周期的视角，实现跨 IT/OT 领域，以及企业内部数据和外部互联网/用户数据的融合，覆盖产品全生命周期，融合生产数据、营销数据、服务数据、产品运行数据、公

开信息等数据，形成全域数据全域联动，帮助企业实现面向用户的精准决策和快速响应能力，提升全要素生产率。

为了实现汽车行业的全域数据联动，联想工业互联网平台（iLeapCloud）围绕研发设计、采购工艺、生产制造、运营管理、企业管理、仓储物流、产品服务等领域，在平台 SaaS 层开发了汽车虚拟研发系统、产品决策支持系统、生产一致性管理系统、售后管理系统等工业 APP 和方案，实现了汽车产业链的全面数据的实时感知、实时采集、实时分析，基于数据来联动管理决策和资源精准配置，帮助汽车企业进一步实现智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化转型。

联想在实际部署和应用中，积累了 114 种工业 APP 和微服务，连接 482 种汽车行业的各种装置设备，连接数量达到 77031 种。在汽车行业的竞争中，联想工业互联网平台通过自身对离散制造过程的深入理解，实现了对 IBM WATSON、微软、ORACLE、德勤、埃森哲等国外知名软件厂商的系统替换，实现了工业软件市场的突破。已经为北汽、广汽、重庆长安、蔚来汽车、小鹏汽车、长丰猎豹、海马汽车、新特汽车等 273 个汽车上下游企业客户提供服务。

### （3）石油化工行业

全球化的原油市场，不断波动的原油价格直接快速地影响着石化衍生品的期货价格，汽油、柴油的期货价格频繁起伏，直接影响了石化企业的利润。如何快速灵活弹性的响应市场需求的变化，灵活动态的调整产品产出，获取市场波动的极优利润，是每个石化企业的梦想。当前石化企业大多部署的 Aspen 流程模拟系统，一经部署后，各个石油衍生品的产能就是固定的不变的，调整困难，验证困难，如何从影响产能的各种系统因素中找到核心关键的关联因子，建立各种石化产品的机理模型，在线动态弹性的调整各种产品的产出，是实现石化行业弹性系统调优的关键路径。

面对不断剧烈波动的产业外部环境，其传统制程软件和管理系统无法适应，联想工业互联网平台（iLeapCloud）通过大数据和人工智能技术与工业机理深度结合，围绕生产制造、运营管理、企业管理、产品服务等领域，针对石油化工行业的痛点问题，以石化产线设备边缘数据接入为技术基础，形成适应性更强的工业机理优化模型，帮助生产流程快速弹性地应对不可控的外部因素影响，实现原有工业软件和系统无法支持的在线工艺调优和在线工序编排。对海量生产过程数

据，建立调优模型，经过深层次的分析挖掘，找到问题关联因子，持续改进模型，迭代模型，最终得到目标近优解。

联想深耕石化行业，持续积累了 50 种工业 APP 和微服务，连接 447 种石化行业的各种装置设备，连接数量或采集点达到 55039 个，为 248 个石化上下游企业客户提供服务。

#### （4）机械加工行业

联想工业互联网平台（iLeapCloud）聚焦研发设计、采购工艺、生产制造、运营管理、企业管理、仓储物流、产品服务等领域，持续研发达 182 种工业 APP 和微服务，连接 217 种机械加工行业的各种装置设备，连接数量达到 69844 个，为 195 个机械加工上下游企业客户提供服务。iLeapCloud 机械加工行业应用以车间信息化生产为核心，面向智能化生产与服务化转型，开发产品溯源、生产管理、远程运维等智能化应用。在大数据分析处理工具平台基础上，开发并集成大数据并行分析引擎、海量数据检索与访问接口、新一代人工智能算法体系等，形成数控机床加工过程的工业机理建模，从而确定智能控制策略，实现物理世界与信息世界的相互协调、交互、动态控制，最终实现智能化生产。截至目前，iLeapCloud 已接入了全国范围内超过千台数控装备，配备数百台工业机器人，采集了每台数控设备中上千个点位信息，每天汇聚并处理上亿条数据。其中，iLeapCloud 在发那科（Fanuc）轮毂行业洞察与分析项目中，通过采集来自生产制造、设备资产管理、宏观数据、行业数据等多源异构数据，累计达到 300+TB，形成了覆盖从需求到制造全价值链的完整数据，将需求预测准确度相比传统方式提高 16% - 21%。在电子产品结构模组精密加工智能制造环节，节省 70% 以上的生产人员，产品不良率降低 30% 以上，设备利用率提高 25% 以上，车间能源利用率提升 15% 以上。

#### （5）家电行业

iLeapCloud 围绕研发设计、采购工艺、生产制造、运营管理、企业管理、仓储物流、产品服务等领域，持续研发达 232 种工业 APP 和微服务，连接 218 种家电行业的各种装置设备，连接数量达到 38148 个，为 135 个家电行业上下游企业客户提供服务。

家电行业工业互联网跨越工业互联网、商业互联网和消费互联网。业务焦点

是用户体验、生态服务和提升质量增加效益。针对家电行业的智能化生产、网络化协同、服务化转型的业务痛点，联想推出了智能工厂方案、协同设计方案和用户画像方案，在智能家电产品的研发、生产和售后服务中得到应用，并取得良好效果。

基于 iLeapCloud 的工业互联网智能工厂方案成为了某国家级“双跨”工业互联网平台互联互通的重要组成部分，解决了大规模制造的智能化问题，消除了规模化和个性化的矛盾，形成规模制造和个性定制的融合。实施后达到设计成效，工厂整体效率大幅提升，不入库率达到 69%，订单交付周期缩短 50%，CCC 达到-10 天。

同时，基于 iLeapCloud 平台的协同设计方案在联想智能音箱的研制过程中，收集用户反馈帮助产品进行快速迭代、优化。两个月内经过多次迭代优化，正式版智能交互体验更加完备。

用户画像方案在联想 SmartHome 方案中，依据用户特征匹配到最佳的工程师和服务流程，线上标签用户好评率从 93%提升到 96.56%；依据产品运行情况缩短工程师的问题判断时间，高优先级用户直接路由进入专家队列，提高服务响应速度。

带格式的：行距：1.5 倍行距

#### 4. 安全及可靠性

建立基于 TCM 安全芯片的工业互联网平台安全解决方案，形成行业壁垒和标准化组织深入合作，推动建立国家的大数据可信计算标准及联盟，在系统、平台、数据三层进行全方位安全保障，无安全短板。依照 ISO27001 标准的构建安全体系，建立了完备的安全扫描和加固能力，对危险程序、弱安全配置、系统缺陷及渗透等多方面进行漏洞检测与安全增强。已经部署并应用于平台安全防护的工具库、病毒库、漏洞库数量累计包含 10 个。

基于长期积累的安全风险管理和运营经验，提供了从云、网络、边缘、到设备的一体化安全防护解决方案，通过大数据分析和安全态势感知体系，提供六类工业互联网安全防护能力，即终端安全、网络安全、数据安全、运营管理安全和运维保障安全。

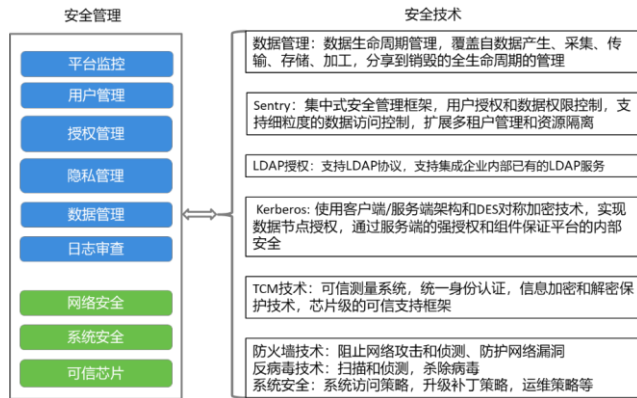


图 5 安全防护框架图

设置了格式：字体：11 磅

带格式的：标，缩进：首行缩进： 0.74 厘米

## 5. 其他亮点

与西门子 MindSphere，GE Predix，施耐德 Exostruture，微软 Azure，亚马逊 AWS 对比，iLeapCloud 具有以下优势和特点：

### 1) 更为丰富的业务模式

从平台的目标和定位层面，不同于 MindSphere 和 Predix 分别聚焦于工业的生产制造过程和产品的后服务延伸，Azure 和 AWS 更聚焦于泛工业数据的采集、存储和分析，联想工业互联网平台体系侧重于为全球制造业转型升级提供 IT/OT 深度融合的端到端一体化解决方案，一方面更符合中国制造门类全、体量大、发展阶段不一的既有特点；另一方面基于更为开放的平台架构，可具备为全球范围内更多的目标客户提供从数据接入、数据分析、实时融合的制造重构、工业互联网生态培育到后服务延伸的全价值链端到端的解决方案能力。

### 2) 更为全面的功能支撑

相比 MindSphere 聚焦于提供面向工业制造过程的 PaaS 层服务（包括 MDSP 工业工具集，工业设备模型等基础服务包等）；Predix 聚焦于提供面向工业产线的 PaaS 设备数字镜像（Digital Twin）、开发支持（DevBox，Machine SDK）地理信息引擎，安全认证与分析，边缘计算服务等基础服务包等；AWS 和 Azure 更侧重于对泛工业

数据在后端的存储和分析,行业和工业属性不明显。iLeapCloud 具备了提供 IaaS、PaaS 和 SaaS 全层次的工业智能服务的能力:

i) IaaS 层已支持 33 种主流工业协议的解析和接入,通过边缘计算平台提供数据实时传递存储和边缘端的实时自决策、自优化。

ii) PaaS 层同时支持用户基于公有云、专有云和混合云架构的基础设施服务的全球化部署和泛在服务;面向工业领域,提供了支持个性化定制、网络化协同、智能化生产、智能化设计、服务化转型需求的微服务引擎、面向软件定义制造的流程仿真引擎、大数据分析引擎、数字仿真引擎和人工智能/工业机理等工业 PaaS 服务,为快速构建工业互联网平台的试验测试环境提供算力支持,同时支持平台的灵活扩展、资源自适应优化调度。

iii) SaaS 层提供 Hadoop 分布式、HBase 列式、Cassandra 时间序列等大数据存储能力以及 Storm 流式、Spark 内存计算等大数据分析能力;支持工业全量数据的按需存储和按需分析;支持 MES/ERP/SCM/CRM/CAPP 等主流工业信息系统间的互操作;支持基于可封装、可复用工业应用的智能制造全价值链场景的“所见即所得”式重构。

### 3) 满足海量工业数据高并发场景下的并行计算支撑能力

依托联想具有完全自主知识产权的开源时序数据库 IOTDB,使联想具备了支持分布式高并发计算的能力,可有效满足工业数据的高并发、高实时、高可靠环境下的准时计算、准时响应需求。IOTDB 与当前主流时序数据库计算性能对比如下图所示:

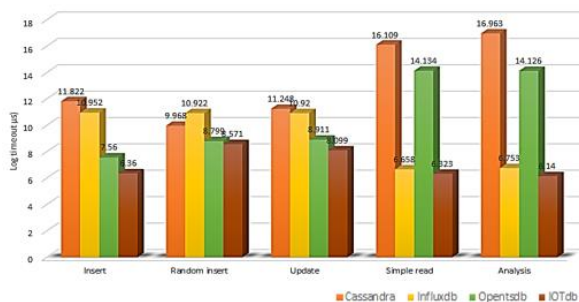


图 6 联想时序数据库与当前主流开源数据库的计算性能对比 (来源: 中国软件测评中心)

设置了格式: 字体: 11 磅



在时序数据处理性能方面，IOTDB 的性能高于包括 InfluxDB, OpenTSDB, Cassandra 在内的主流开源软件，已达到国际领先水平。可确保设备采集时延不长于 10ms, 可有效支撑工业数字孪生、高精度、高质量、同步的时效性和可靠性要求。

#### 4) 更广泛的平台互联互通能力

国外主流的同类工业互联网平台提供面向自身具有核心竞争力的工业软硬件产品和高价值装备的接入和工业智能服务，显著地提高了平台的接入壁垒，采用闭源模式，仅支持有限的合作伙伴定制开发。联想工业互联网平台采用开源模式，兼容主流工业协议的开放扩展，提供研发、生产、仿真试验等主要工业流程的低代码的工业服务接入能力，提供机加、电装等领域的主流工业设备接入能力，以及智能产品和智能互联产品等工业产品全要素接入能力，支持与海尔 CosmoPlat, 华中数控 INC-Cloud 等多行业、多领域工业互联网平台的互操作。同时，依托工业大数据产业应用联盟和联想创投的政产学研金用协同驱动，iLeapCloud 的开源社区，将有助于实现工业智能新模式、新业态、新技术的加速孵化和推广。

## 二、下一步实施计划

后续，联想将继续以 iLeapCloud 为基础，持续开展技术及商业模式创新，打造“平台+产品”的快速部署、灵活组合的工业互联网产品及解决方案体系。以持续改善用户体验为核心，依托前期基础，形成为大型 B 端工业用户赋能的工业互联网整体解决方案；以及面向中小微企业的“即插即用”式工业智能产品及轻量化平台；进一步提升 iLeapCloud 平台的快速部署能力、用户需求契合度和快速改善能力，预计在未来三年，平台将从以下方面重点发力：

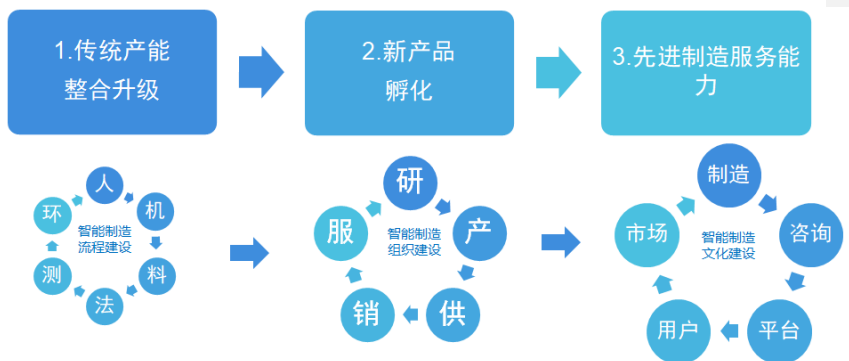


图7 联想工业互联网平台（iLeapCloud）下一步实施计划

设置了格式：字体：11 磅

(1) 建立多源设备、海量数据、异构网络、多维场景的模拟环境，实现基于虚实深度融合，面向生产制造过程和设备后服务的轻量级数字孪生支持平台和轻量化数字孪生产品，满足生产流程和服务模式虚拟重构的仿真需求。通过数字孪生仿真环境，开展基于工业互联网的人、机、料、法、环、测和研、产、供、销、服“双闭环”应用，持续丰富平台在虚体世界上的模板、实例的数量和质量，提升工业智能新业态、新模式的试错能力，降低智能制造实施成本和周期。

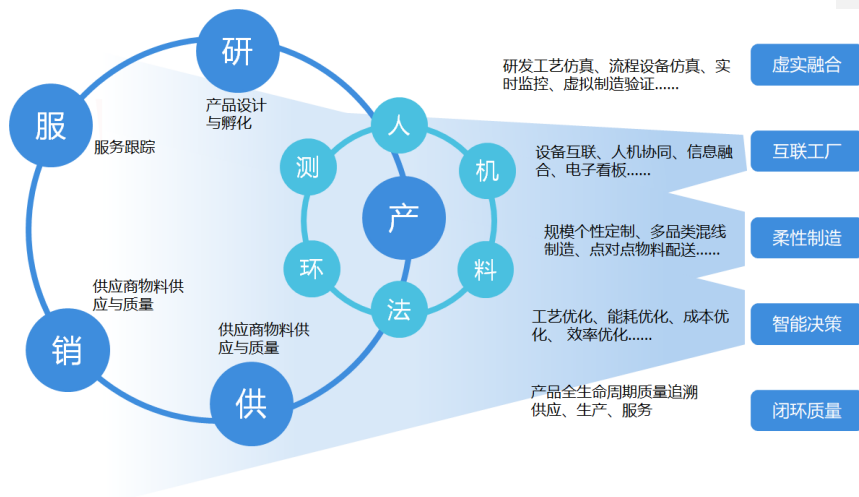


图8 基于工业互联网平台的“智能制造双闭环”赋能模式

设置了格式：字体：11 磅

(2) 聚焦汽车、电子信息制造、石化、家电、机械行业，建设形成轻量级物接入解决方案，围绕人员管理、设备管理、全面质量管理、产品准时运维等核心应用场景的关键痛点，形成轻量化，“即插即用”式产品及解决方案，在未来三年内，

接入不低于 50 万台套设备。

(3) 建设具有即插即用、轻量化快速能力的工业互联网平台试验测试环境，形成多行业、多领域、多场景的工业互联网平台的轻量化解决方案，通过快速部署和迭代，持续丰富平台生态和 APP 数量：

- 形成不少于 1000 个工业 APP，订阅次数不少于 5 万次/年；
- 为不少于 10000 家企业提供服务，其中，中小企业占比不低于 50%；
- 形成 5000 个工业机理模型或微服务组件，建设工业 APP 和微服务资源池；
- 形成 20000 个测试用例，在 150 家企业验证应用；
- 开发超过 1000 个平台应用编程接口（API）和软件开发工具包（SDK）。
- 建设开发者社区，聚集 2 万名开发者，活跃用户超过 2000 名。

## 四、项目创新点和实施效果

### 1. 项目先进性及创新点

#### (1) 项目先进性

##### 全域数据联动

以联想在边缘智能领域的创新为基础，通过完善的边缘智能、全量的数据融合、深入的数据分析，形成跨企业生产系统和信息系统（IT/OT），贯穿产品生命周期，覆盖数据全域 55 项关键数据指标的全域联动和企业内外部一体化协作。通过工业互联网平台内外部实践，积累了 114 种工业 APP 和微服务，连接了汽车行业的 482 种、77031 台/套装置设备。实现了对 IBM WATSON、微软、ORACLE、德勤、埃森哲等国外知名软件厂商的系统替换，实现了工业软件市场的突破。在汽车制造行业，现已为北汽、广汽、重庆长安、蔚来汽车、小鹏汽车、长丰猎豹、海马汽车、新特汽车等 273 个汽车上下游企业客户提供服务。

**弹性系统调优：**面对高度不确定的外部环境，石化行业包括 Aspen 流程模拟系统等在内的传统系统已无法满足生产系统弹性调优的需求。联想通过基于边缘智能的全领域工艺优化，实现了工艺模型的自适应在线工艺调优和工序的在线编排。经过多年深耕，在相关技术领域形成了 50 种工业 APP 和微服务，连接 447

种石化行业的各种装置设备，连接数量或采集点达到 55039 个，为 248 个石化上下游企业客户提供服务，为用户实现了 0.3%-0.9%的产品收率，为用户额外形成了约 6000 万/年的收益。

**规模定制协同：**电子设备制造行业存在产品种类多、升级换代周期短、生产质量要求高的特点。通过联想工业互联网平台（iLeapCloud），联想对全球 31 家工厂、上千种设备、15000 余种工况、280 万家供应商数据的全贯通式管理和持续优化，提炼了 500 种产品模型、100 种用户模型，实现了超过 1000 家企业的供应链协同，帮助联想、剑桥科技、联宝等头部企业实现了 70%以上产品的个性化定制、7 天内交付。

**芯片增强安全：**基于 TCM 芯片构建硬件增强的安全计算平台环境，对不同价值的数​​据提供基于硬件的安全管控能力，帮助工业企业在数据合规的前提下，实现数据的跨部门、跨组织、跨公司、跨地域的安全协同服务。



图 97 iLeapCloud 平台技术方案先进性

设置了格式：字体：11 磅

带格式的：居中，缩进：首行缩进： 0.74 厘米

## (2) 项目创新点

**资源自组织自发布的微服务技术，为工业互联网测试验证平台的工业 APP 创新能力提供技术支撑：**

基于微服务架构，充分利用容器虚拟化技术、资源标准化技术，支持对平台功能、业务流程、数据获取、计算模型、业务模型等自由组织与动态调整，形成

面向跨云平台、多领域、多行业的资源统一标识、安全访问、自主编排、自主发布的应用构建能力，支持产品全生命周期管控的微服务化与云化，并实现服务与云计算架构的融合，提供弹性、高性能的试验测试环境，为工业互联网测试验证平台的工业 APP 创新能力提供技术支撑。

**面向工业资源共享与平台互联互通的跨云中心的资源实施访问技术，为工业资源共享与提升平台互联互通提供技术支撑：**

基于虚拟统一数据访问模型，屏蔽跨云平台异构数据访问差异，增强供应协同优化的数据获取、同步和交叉计算能力；基于能力发布、订阅及安全验证框架，提供跨云中心服务发布与访问能力；通过微服务网关提供数据访问接口规范化封装、发布部署、运行调度、路由管理、状态监控、安全审计等工具，实现对数据访问接口的统一部署、统一管理、多维度安全审计，在提高跨平台数据访问实时性、可靠性同时，让数据流通的有据可查。这一技术的突破将为工业互联网测试验证平台的工业资源共享与提升平台互联互通提供技术支撑。

**多源边缘设备数据采集与高精度数字镜像技术，为智能化生产提供技术支撑：**

在实时多源海量边缘设备接入与实时海量数据采集，针对产线生产虚拟现实建模与仿真的低效率和低可信的问题，研究基于语义结构特征的虚拟生产线场景实时同步三维重建技术，实现满足时空布局 and 任务逻辑的智能生产线快速虚拟构建；研究大数据活化知识自适应接入、在线生产数据动态响应、复杂工艺流程多粒度物理建模、生产单元自主演化与随机交互、产线仿真可信度量技术，支撑虚实融合的生产流程在线虚拟运行。以此为工业互联网试验测试平台智能生产提供软件定义技术支撑。

**基于工业数据建模与分析的产品前置性服务预测技术，平台服务化转型提供技术支撑：**

基于广泛的产品数据采集，融合生产数据、营销数据、物流数据、使用数据、日志数据、维修数据、舆情数据等多源多维异构数据，利用大数据与人工智能技术，实现高精度、多维度、智能化的产品生命周期建模与画像；基于实时数据采集技术，建立全面完善的服务追踪体系，实现产品生命周期跟踪；基于多场景预测算法模型，建立服务预测体系，实现产品的前置预测服务规划。以此为工业互

联网试验测试平台服务化转型提供技术支持。

## 2. 实施效果

### (1) 平台实施整体效果

#### 1) 加快工业互联网平台产业发展，助力我国工业互联网平台生态系统繁荣。

iLeapCloud 平台的应用实施可为工业互联网平台的建设发展保驾护航，使得工业互联网平台建设有章可循，借助工业互联网平台关键功能模块试验测试的反馈，明确平台建设的短板和不足及重点和方向，带动工业互联网平台发展质量和效益不断提升，以及工业互联网平台周边生态的不断繁荣；同时还可通过试验测试规范工业互联网平台发展市场，实现优胜劣汰和资源融合，促进我国形成一批有国际竞争力的工业互联网平台。

#### 2) 帮助广大工业企业理解工业互联网平台的应用价值与应用方法，有助于企业有效应用工业互联网平台加快数字化转型。

工业互联网平台内涵丰富、机理复杂，众多制造企业对于工业互联网平台的核心价值与应用场景理解不到位，本项目将针对工业互联网的典型应用场景形成一批测试用例，所开展的试验测试工作也围绕工业互联网的典型应用场景展开，将帮助制造企业理解工业互联网平台在分布式协同制造、产能交易、设备远程维护、能源综合管控等方面的应用价值，加快工业互联网平台在各制造领域的推广应用。

#### 3) 服务于我国制造业和系统解决方案服务行业的综合竞争力建设，促进制造强国和网络强国建设。

工业互联网平台是全球各国构筑新一轮产业制高点的核心竞争焦点，本项目针对目前国内工业互联网平台发展中存在的普遍问题，通过试验测试环境的建设和试验测试工作的广泛开展，引导我国工业互联网平台不断完善自身核心功能、丰富应用、打造价值生态，另一方面积极引导制造业应用工业互联网平台加快数字化转型，能够有效服务于我国制造强国和网络强国的建设。

### (2) 行业实施效果

#### 1) 电子设备制造行业

面向智能化生产的 SMT 产线优化方案在联想多个制造工厂、多条产线的实

施，提升 UPPH（单位人时产能）1.7%，产品 FPY（一次通过率）0.54%，OTS（工程样件）交付率 5%，每年提升产线利润 200 万美金以上。

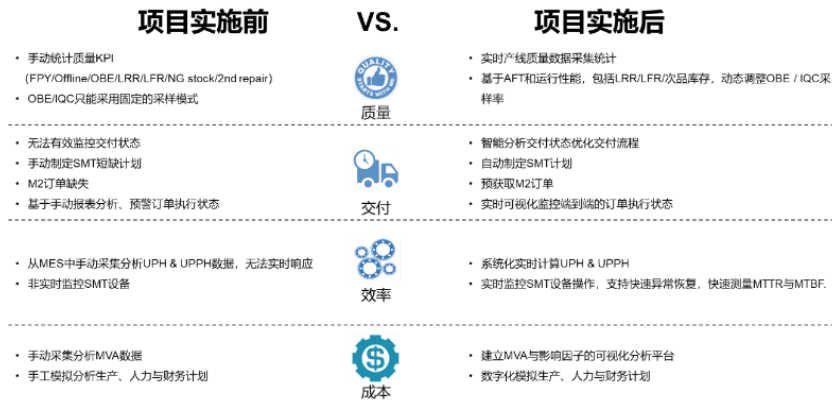


图 108 实施效果

设置了格式：字体：11 磅

面向网络化协同的产业链上下游管控方案的实施，覆盖超过联想 PC 产线 190,000+的产品物料（包含维保物料 60,000 件，支持每天 8,000+的服务订单）；管理联想供应链超 200+全球物流仓库，实现端到端物流成本优化。滚动销售预测不仅仅覆盖产品全生命周期，也覆盖部件的临时性、季节性销售期。全生命周期预测率上升 11%，末次采购预测准确率上升 14%。

面向个性化定制的产品及用户画像方案在联想的广泛使用，显著提升了联想对用户的远程触达能力，通过对客户的深度经营，大大提升了在新品设计、精准营销、服务优化等方面的效率：辅助新品设计，线上标签好评率达到到 96.56%；双十一通过精准营销点击率提升 1 倍，转化率提升 8.3 倍；联想超品日，转化率 0.66%，年销售收入同比增长达到 107%；通过 LBS 向客户推送其附近的新门店开业动态，到店用户人数提高 10%，销售量同比增长 3.4%。

面向服务化转型的售前及售后业务优化方案在联想的实施，针对商业客户，有效的整合了原有分散在各个不同业务系统、不同渠道中的商业客户、商业行为等数据，通过统一的数据治理标准，提供了对商业业务状态、交易记录、客户信息的一致性数据服务，最终构建了商业信息、业务需求、与智能洞察的正向闭环，实现了以商业信息及业务需求驱动的新商业洞察能力。针对消费客户，通过数据

将原有各自独立的产品业务进行了深度融合，有效的贯穿了产品从设计制造、质量跟踪到售后维保的全生命周期。项目的实施带来如下显著效果：全球产品激活数据从数天到实时统计；商业客户的跟踪覆盖率从原有的 5%提升到 80%，为公司每年挖掘潜在商机价值数百万美金；产品系统/软件缺陷感知/修复时间从数周到 2~3 天；提升呼叫中心服务满意度 9 个百分点；构建科学的产品质量评价指标平均故障间隔时间（MTBF）；构建以质量数据为依据的供应商评价体系。

## 2) 汽车制造行业

面向智能化生产的整车智能制造方案实施，在不同企业取得了明显效果：

中联重科：通过建设智能供应链协同管理系统，全面打通汽车产业链、价值链数据和业务，大大降低了时间、人力、物力和资金在生产、流通、服务环节上的浪费。实现供应商的全生命周期管理，存货自动调拨和补给，库存周转率提升 2%，供应链库存下降 40%，制造成本损失减少 5%；消除了企业内部与外部、供应链条上下游的信息不对称，合同履行率提升 30%，实现精益化生产。

长丰猎豹汽车：平台上线后人力成本下降 60%，；部署了销售分析、品质分析等应用分析功能，使得分析效率提升 40%；分析周期秒级响应。

北汽新能源：通过车辆异常数据预警、补贴未达标预警、未达标原因分析及车辆行驶里程预测，提高补贴申领率 8%和申领成功率 5%。

海马汽车：实现了全集团数据系统互通，全国销量数据每 30 秒更新一次；通过建立存量用户画像进行精准营销定向区域广告投放，每季度为海马节约营销广告费用 500 万~800 万，销量提升约 3%~5%。

面向个性化定制的智能营销方案也起到了积极效果：

蔚来汽车：智能客户视图面对业务数据缺失或者不规范，智能匹配引擎结合互联网数据+人工智能算法，通过互联网信息获取补充缺失客户名称、地址等信息，相比人工处理方式，信息完备率最高达 97%，处理效率提高 80%。

小鹏汽车：车企存量用户画像分析系统自动筛选潜在升级产品目标客户群，可以有效提高 30%~70%二次销售命中率。系统自动查询服务到期客户，可以有效帮助企业提高 5~10%服务续约率。

舆情监控系统业务价值主要体现在危机管理、品牌宣传、产品分析三个方面。



不仅帮助企业更好处理网络舆情的监测与应对，还关注如何管理危机、维护自身网络形象，同时做好汽车品牌的网络宣传与管理。

### 3) 石油化工行业

武汉石化和天弘化学的案例表明，面向智能化生产的产品收率优化方案实现了生产工艺的持续、动态优化，对生产全过程主要异常实现了监控报警，实现了装置的智能化生产，显著提升了产品收率，催化裂化收率提升 3%-9%。

在福橡化工，面向智能化生产的产线装置报警预测方案实施后，有效提升了设备巡检效率，并提前发现潜在故障，降低事故发生率，减少设备过度维护，实现了对设备的远程监控和预测性维护，提高了设备的连续运行周期，保障生产的连续稳定运行。

### 4) 机械加工行业

联想在发那科的面向个性化定制方案，积累来自生产制造、设备资产管理、宏观数据、行业数据等多源异构数据达 300+TB，形成了从需求到制造全流程的价值链数据。相比原有方式，需求预测准确度提高 16% - 21%。在电子产品结构模组精密加工智能制造环节，节省 70%以上的生产人员，产品不良率降低 30%以上，设备利用率提高 25%以上，车间能源利用率提升 15%以上。

### 5) 家电行业

面向智能化生产的智能工厂方案在某大型家电制造企业的互联工厂项目中实施，解决了大规模制造的智能化问题，消除了规模化和个性化的矛盾，形成规模制造和个性定制的融合。实施后达到设计成效，工厂整体效率大幅提升，不入库率达到 69%，订单交付周期缩短 50%，CCC 达到-10 天。

面向网络化协同的协同设计方案在 Lenovo Smart Assistant 联想智能音箱的研制过程中，对音箱测试版，进行公开招募，在“千人众测”活动中，1000 位用户通过多种语音指令测试联想智能音箱的服务，用户的真实反馈会通过网络不断的传递到平台，帮助产品进行迭代、优化。两个月后，经过多次迭代优化的正式版上市，智能交互体验更加完备，外观款式更新颖，降噪性能更高，并提供了

带格式的：正文，缩进：首行缩进： 0.74 厘米

更为丰富的云服务，如语音滴滴叫车、语音查询路况等等。

全球统一用户画像组件由联想自主研发，获得了国家版权局计算机软件著作权（证书登记号 2019SR0076316），并在联想得到了广泛使用，显著提升了联想在客户精细化经营、精准营销、服务优化等方面的效率。在联想 SmartHome 方案中，达到如下效果：依据用户特征匹配到最佳的工程师和服务流程，线上标签用户好评率从 93%提升到 96.56%依据产品运行情况缩短工程师的问题判断时间，高优先级用户直接路由进入专家队列。