

大数据系列报告之一： 工业大数据白皮书 (2017 版)

指导单位：工业和信息化部信息化和软件服务业司
国家标准化管理委员会工业二部

主编单位：中国电子技术标准化研究院
全国信息技术标准化技术委员会大数据标准工作组
联合主编单位：中国智能制造系统解决方案供应商联盟
中国开放对象标识(OID)应用联盟
二零一七年二月

编写单位（排名不分先后）

中国电子技术标准化研究院
上海计算机软件技术开发中心
奥维云网大数据科技有限公司
江苏中堃数据技术有限公司
朗坤智慧科技股份有限公司
美林数据技术股份有限公司
广州赛宝认证中心服务有限公司
苏州中德宏泰电子科技股份有限公司
苏州罗想软件技术股份有限公司
重庆享控智能科技有限公司
中车株洲电力机车研究所有限公司
江苏海宝软件股份有限公司
苏州洞察云信息技术有限公司
联通系统集成有限公司江苏省分公司
青岛海尔工业智能研究院有限公司

北京数码大方科技股份有限公司
中兴通讯股份有限公司
中国电信江苏鸿信系统集成有限公司
哈工大大数据集团
中国人民大学
江苏徐工信息技术股份有限公司
软通动力信息技术(集团)有限公司
江苏寅源科技股份有限公司
华为技术有限公司
勤智数码科技股份有限公司
无锡文思海辉信息技术有限公司
中新赛克科技有限责任公司
江苏蓝创智能科技股份有限公司
江苏中天科技软件技术有限公司
中航工业信息技术中心（金航数码）

指导组

梅 宏 谢少锋 戴 红 孙文龙 刘大山

主 编

赵 波 林 宁

副主编

代 红 吴东亚 吴新松

编写人员（排名不分先后）

赵菁华	齐建军	张 巍	董 建	张 群	万 洋	卫凤林	朱道云
郑树泉	李 冰	黄 峥	梁 毅	杨 栋	薛祎亭	赵志强	蒋立军
周 彬	霍殿晔	白向红	毛旭初	陈晋川	吴垌沅	王 民	张启亮
黄 凯	程广明	栗越妍	宁 皓	王洪超	高三平	朱 松	郑云海
高海燕	黄运高	刘宇峰	高 翔	戴计生	文 峥	许雄杰	石 奥
张星星	陈隋和	薛 坤	张元元	曾 鲁	周卫国	尤丽蓉	王 飞
张维杰	于吉花	孙能林	沈洪才	梁建交			

版权声明

本白皮书版权属于中国电子技术标准化研究院（工业和信息化部电子第四研究院）。

使用说明：未经中国电子技术标准化研究院事先的书面授权，不得以任何方式复制、抄袭、影印、翻译本文档的任何部分。凡转载或引用本文的观点、数据，请注明“来源：中国电子技术标准化研究院”。

目 录

1 研究背景和目标	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目标及意义	1
2 工业大数据概述	3
2.1 工业大数据的定义及特征	3
2.1.1 工业大数据的定义	3
2.1.2 工业大数据的特征	4
2.2 与智能制造的关系	4
2.2.1 在智能制造中的应用	4
2.2.2 在智能制造标准体系中的定位	5
2.3 与大数据技术的关系	6
2.4 与工业软件和工业云的关系	7
2.4.1 与工业软件的关系	7
2.4.2 与工业云的关系	8
3 工业大数据发展现状及趋势分析	9
3.1 全球主要国家工业大数据相关战略部署	9
3.1.1 美国先进制造业战略	9
3.1.2 德国工业 4.0 战略	10
3.1.3 法国新工业战略	11
3.1.4 中国制造 2025 战略	11
3.2 工业大数据应用热点	12
3.2.1 在设计领域的应用	12
3.2.2 在复杂生产过程优化的应用	14
3.2.3 在产品需求预测中的应用	15
3.2.4 在工业供应链优化中的应用	16
3.2.5 在工业绿色发展中的应用	16
3.3 国内工业大数据现状	17
3.3.1 国内工业大数据应用现状	17

3.3.2 存在的主要问题及难点分析	18
3.4 工业大数据发展形势分析	20
4 工业大数据参考架构	22
4.1 数据参考架构	22
4.2 技术参考架构	24
4.3 平台参考架构	26
5 工业大数据标准体系	28
5.1 工业大数据标准化相关工作基础	28
5.2 工业大数据标准体系框架	29
5.3 工业大数据标准明细表	32
6 我国工业大数据工作重点建议	34
6.1 加强核心基础技术研究	34
6.2 加强工业大数据标准研制和应用推广	34
6.3 构建工业大数据流通共享平台	34
6.4 探索示范应用	35
7 应用案例	36
7.1 概述	36
7.2 典型应用案例	37
8 参考文献	83

1 研究背景和目标

1.1 研究背景

随着互联网与工业融合创新，智能制造时代的到来，工业大数据技术及应用将成为未来提升制造业生产力、竞争力、创新能力的关键要素，是驱动产品智能化、生产过程智能化、管理智能化、服务智能化、新业态新模式智能化，支撑制造业转型和构建开放、共享、协作的智能制造产业生态的重要基础，对实施智能制造战略具有十分重要的推动作用。

全国信息技术标准化技术委员会大数据标准工作组（以下简称“工作组”）由工信部和国标委共同指导，主要承担大数据相关标准化工作，已经发布了《大数据标准化白皮书（2016版）》。为了充分发挥国家标准的规划与指导作用，促进我国工业大数据标准体系建设，推动工业大数据在智能制造中的发展应用，工作组联合中国智能制造系统解决方案供应商联盟和中国开放对象标识（OID）应用联盟启动《大数据系列报告之一：工业大数据白皮书》的编制工作，旨在全面、客观地梳理国内外工业大数据相关工作基础和进展，根据业界最新实践、认知水平，总结提炼工业大数据标准化需求，提出标准化框架和发展建议。

1.2 研究目标及意义

本白皮书的目标在于明确工业大数据的相关技术、应用以及发展路线，从数据架构、技术架构和平台生态架构角度勾画出工业大数据发展的整体轮廓，合理制定工业大数据的发展规划和建设路线，明确工业大数据落地推进工作重点，加快促进工业大数据在制造业中的落地应用。

本白皮书用于界定工业大数据的范畴和特征，明确工业大数据总体目标和现有研究基础，是研究工业大数据的出发点。通过综述全球主要国家在工业大数据上的战略部署、推进方法，分析国内工业大数据的发展现状，总结国内推进工业大数据所存在的问题及难点，为下一步发展理清思路和方向。

此外，本白皮书确定了工业大数据的参考架构，包括研究范围、典型运营模式、数据架

构、技术架构和平台参考架构等，为进一步研究和推进工业大数据确定指导路线。针对目前工业大数据领域标准缺失的现状，本白皮书提出工业大数据标准体系，为推动工业大数据落地和战略部署提供技术支撑。

2 工业大数据概述

2.1 工业大数据的定义及特征

2.1.1 工业大数据的定义

工业大数据是指在工业领域中，围绕典型智能制造模式，从客户需求到销售、订单、计划、研发、设计、工艺、制造、采购、供应、库存、发货和交付、售后服务、运维、报废或回收再制造等整个产品全生命周期各个环节所产生的各类数据及相关技术和应用的总称。其以产品数据为核心，极大延展了传统工业数据范围，同时还包括工业大数据相关技术和应用。

工业大数据的主要来源有三类：

第一类是生产经营相关业务数据。主要来自传统企业信息化范围，被收集存储在企业信息系统内部，包括传统工业设计和制造类软件、企业资源计划（ERP）、产品生命周期管理（PLM）、供应链管理（SCM）、客户关系管理（CRM）和环境管理系统（EMS）等。通过这些企业信息系统已累计大量的产品研发数据、生产性数据、经营性数据、客户信息数据、物流供应数据及环境数据。此类数据是工业领域传统的数据资产，在移动互联网等新技术应用环境下正在逐步扩大范围。

第二类是设备物联数据。主要指工业生产设备和目标产品在物联网运行模式下，实时产生收集的涵盖操作和运行情况、工况状态、环境参数等体现设备和产品运行状态的数据。此类数据是工业大数据新的、增长最快的来源。狭义的工业大数据即指该类数据，即工业设备和产品快速产生的并且存在时间序列差异的大量数据。

第三类是外部数据。指与工业企业生产活动和产品相关的企业外部互联网来源数据，例如，评价企业环境绩效的环境法规、预测产品市场的宏观社会经济数据等。

工业大数据技术^[1]是使工业大数据中所蕴含的值得以挖掘和展现的一系列技术与方法，包括数据采集、预处理、存储、分析挖掘、可视化和智能控制等。工业大数据应用，则是对特定的工业大数据集，集成应用工业大数据系列技术与方法，获得有价值信息的过程。工业大数据技术的研究与突破，其本质目标就是从复杂的数据集中发现新的模式与知识，挖

掘得到有价值的新信息，从而促进工业企业的产品创新、提升经营水平和生产运作效率以及拓展新型商业模式。

2.1.2 工业大数据的特征

工业大数据具有一般大数据的特征（海量性、多样性等），在此基础上具有四个典型的特征：价值性、实时性、准确性、闭环性。

（1）价值性（Value）：工业大数据更加强调用户价值驱动和数据本身的可用性，包括：提升创新能力和生产经营效率，以及促进个性化定制、服务化转型等智能制造新模式变革。

（2）实时性（Real-time）：工业大数据主要来源于生产制造和产品运维环节，生产线、设备、工业产品、仪器等均是高速运转，从数据采集频率、数据处理、数据分析、异常发现和应对等方面均具有很高的实时性要求。

（3）准确性（Accuracy）：主要指数据的真实性、完整性和可靠性，更加关注数据质量，以及处理、分析技术和方法的可靠性。

（4）闭环性（Closed-loop）：包括产品全生命周期横向过程中数据链条的封闭和关联，以及智能制造纵向数据采集和处理过程中，需要支撑状态感知、分析、反馈、控制等闭环场景下的动态持续调整和优化。

除以上 4 个基本典型特征外，业界一般认为工业大数据还具有集成性、透明性、预测性等特征。

2.2 与智能制造的关系

2.2.1 在智能制造中的应用

工业大数据是智能制造的关键技术，主要作用是打通物理世界和信息世界，推动生产型制造向服务型制造转型。其在智能制造中有着广泛的应用前景，在产品市场需求获取、产品研发、制造、运行、服务直至报废回收的产品全生命周期过程中，工业大数据在智能化设计、智能化生产、网络化协同制造、智能化服务、个性化定制等场景都发挥出巨大的作用。

在智能化设计中，通过对产品数据分析，实现自动化设计和数字化仿真优化；在智能化生产过程中，工业大数据技术可以实现在生产制造中的应用，如人机智能交互、工业机器人、制造工艺的仿真优化、数字化控制、状态监测等，提高生产故障预测准确率，综合优化生产效率；在网络化协同制造中，工业大数据技术可以实现智能管理的应用，如产品全生命周期管理、客户关系管理、供应链管理、产供销一体等，通过设备联网与智能控制，达到过程协同与透明化；在智能化服务中，工业大数据通过对产品运行及使用数据的采集、分析和优化，可实现产品智能化及远程维修，同时，工业大数据可以实现智能检测监管的应用，如危险化学品、食品、印染、稀土、农药等重点行业智能检测监管应用；此外，通过工业大数据的全流程建模，对数据源进行集成贯通，可以支撑以个性化定制为代表的典型智能制造模式。

2.2.2 在智能制造标准体系中的定位

工业大数据位于智能制造标准体系结构^[2]的关键技术标准的左侧（见图 2-1），属于智能制造标准体系五大关键技术之一。

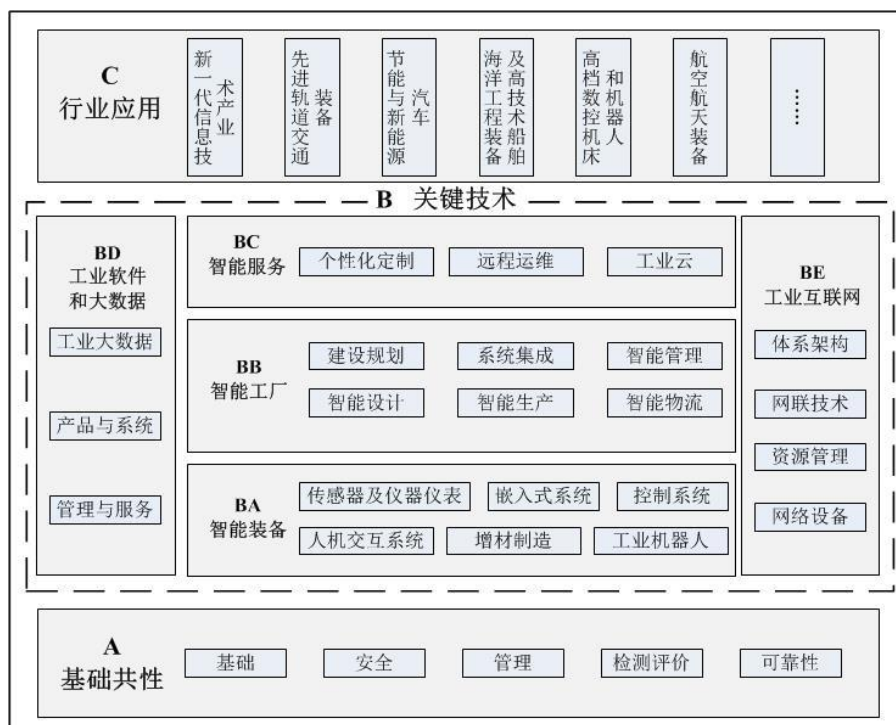


图 2-1 智能制造标准体系结构

工业大数据在智能制造标准体系框架中的位置如图 2-2。

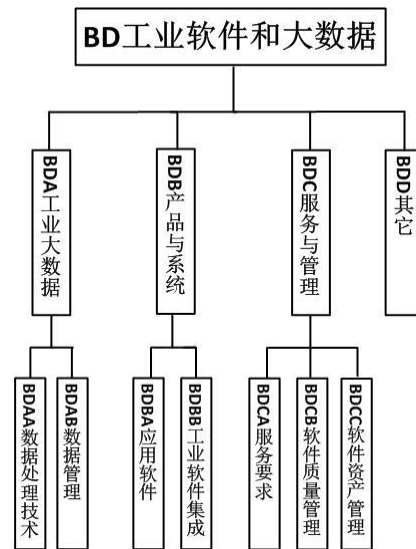


图 2-2 智能制造标准体系框架关键技术部分

《国家智能制造标准体系建设指南（2015 年版）》^[2]中关于工业大数据标准给出了具体的描述：工业大数据标准主要包括面向生产过程智能化、产品智能化、新业态新模式智能化、管理智能化以及服务智能化等领域的数据处理技术标准以及数据质量、能力成熟度、数据资产管理、数据开放共享和交易等数据管理标准。

2.3 与大数据技术的关系

工业大数据应用是基于工业数据，运用先进的大数据相关思维、工具、方法，贯穿于工业的设计、工艺、生产、管理、服务等各个环节，使工业系统、工业产品具备描述、诊断、预测、决策、控制等智能化功能模式和结果。工业领域的数据累积到一定量级，超出了传统技术的处理能力，就需要借助大数据技术、方法来提升处理能力和效率，大数据技术为工业大数据提供了技术和管理的支撑。

首先，工业大数据可以借鉴大数据的分析流程及技术，实现工业数据采集、处理、存储、分析、可视化。例如，大数据技术应用在工业大数据的集成与存储环节时，支撑实现高实时性采集、大数据量存储及快速检索；大数据处理技术的分布式高性能计算能力，为海量数据的查询检索、算法处理提供性能保障等。其次，工业制造过程中需要高质量的工业大数据，可以借鉴大数据的治理机制对工业数据资产进行有效治理。

虽然工业大数据基于大数据技术的基础，但是在环节和应用上与传统大数据（商务大数据）存在一定的区别，如表 2-1 所示。

表 2-1 工业大数据与商务大数据的区别

环节和应用	商务大数据	工业大数据
采集	通过交互渠道（如门户网站、购物网站社区、论坛）采集交易、偏好、浏览等数据；对数据采集的时效性要求不高。	通过传感器与感知技术，采集物联网设备、生产经营过程业务数据、外部互联网数据等；对数据采集具有很高的实时性要求。
处理	数据清洗、数据归约，去除大量无关、不重要的数据。	工业软件是基础，强调数据格式的转化；数据信噪比低，要求数据具有真实性、完整性和可靠性，更加关注处理后的数据质量。
存储	数据之间关联性不大，存储自由。	数据关联性很强，存储复杂。
分析	利用通用的大数据分析算法；进行相关性分析；对分析结果要求效率不要绝对精确。	数据建模、分析更加复杂；需要专业领域的算法（如轴承、发动机），不同行业、不同领域的算法差异很大；对分析结果的精度和可靠度要求高。
可视化	数据结果展示可视化。	数据分析结果可视化及 3D 工业场景可视化；对数据可视化要求强实时性，实现近乎实时的预警和趋势可视。
闭环反馈控制	一般不需要闭环反馈。	强调闭环性，实现过程调整和自动化控制。

2.4 与工业软件和工业云的关系

2.4.1 与工业软件的关系

工业软件是指主要用于或专用于工业领域，为提高工业研发设计、业务管理、生产调度和过程控制水平的相关软件与系统。工业大数据与工业软件的关系：

首先，工业软件承载着工业大数据采集和处理的任务，是工业数据的重要产生来源。

其次，工业软件支撑实现工业大数据的系统集成和信息贯通。比如，传统工业软件以 ERP 为中心进行数据打通，新型工业软件将基于 PLM 等关键软件进行系统性集成。通过对外部设计工具、分散研发团队、MES 与控制系统、第三方管理软件等多系统的集成，实现工厂从底

层到上层的信息贯通，推动工厂内“信息孤岛”聚合为“信息大陆”。

同时，工业大数据技术与工业软件结合，加强了工业软件分析与计算能力，提升场景可视化程度，实现对用户行为和市场需求的预测和判断。

工业软件承担着对各类工业数据进行采集、集成、分析和应用的重要功能，是工业大数据技术体系中负责优化、仿真、呈现、决策等关键职能的主要组成部分。

2.4.2 与工业云的关系

工业云是通过信息资源整合为工业提供服务支持的一种智能服务。通过云计算、物联网、大数据和工业软件等技术手段，将人、机、物、知识等有机结合，为工业构建了一种特有的服务生态系统，向用户提供资源和能力共享服务，如云存储服务、云应用服务、云社区服务、云管理服务、云设计服务和云制造服务等。

工业大数据与工业云结合，可实现物理设备与虚拟网络融合的数据采集、传输、协同处理和集成应用，运用数据分析方法，结合领域知识，形成包括个性化推荐、设备健康管理、物品追踪、产品质量管理等工业大数据应用系统。从“数据即服务”、“产品即服务”、“制造即服务”三个视觉角度出发，帮助企业用户扩展产品价值空间，实现以产品为核心的经营模式向“制造+服务”的模式转变。

《国家智能制造标准体系建设指南（2015年版）》^[2]中提到，工业云标准主要包括接口和协议等资源共享标准和服务能力标准两个部分，该部分标准的制定为工业云打通和集成工业大数据奠定了基础。

工业软件和工业云作为工业大数据的主要载体，也是工业大数据的采集、存储、集成、协同共享重要通道，两者与工业大数据的关系是密不可分的。

3 工业大数据发展现状及趋势分析

3.1 全球主要国家工业大数据相关战略部署

工业是国民经济的基础和支柱，也是一国经济实力和竞争力的重要标志。随着云计算、大数据和物联网等新兴技术的发展，全球掀起了以制造业转型升级为首要任务的新一轮工业变革，世界上主要的工业发达体纷纷制定工业再发展战略。

3.1.1 美国先进制造业战略

2012 年 2 月，美国发布了《先进制造业国家战略计划》报告，将促进先进制造业发展提高到了国家战略层面。《先进制造业国家战略计划》从投资、劳动力和创新等方面提出了促进美国先进制造业发展的三大原则、五大目标及相应的对策措施。坚持完善先进制造业创新政策、加强“产业公地”建设和优化政府投资三大原则，实现加快中小企业投资、提高劳动力技能、建立健全伙伴关系、调整优化政府投资、加大研发投入力度五大目标。加强公共和私营部门联合投资，确保所有部门参与标准制定并加快应用，鼓励企业对应用研究和示范设施进行投资；扩大对制造业早期产品的政府采购，以帮助企业获取规模经济和生产经验、加强国家安全相关领域的投资；及时更新制造业劳动力，强化先进制造业工人培训，为先进制造业开发和维护具有竞争力的劳动力；鼓励中小企业参与合作伙伴，通过较大程度地支持学术机构、制造商、行业协会及中介组织等增强跨部门合作伙伴关系；加强基于集群的伙伴关系，通过区域集群包括战略规划协调，互补性资产采购和集群内的风险以及共用供应链的协同；加强先进制造业投资组合，重点在先进材料、生产技术平台、先进制造工艺及设计与数据基础设施等四个领域创建协调联邦政府的投资组合，以增强美国制造业的全球竞争力；超越任何一个机构或私营部门，协调和管理跨领域的机构投资，降低市场创新的时间；加强研究和试验税收减免，使之成为永久化措施；扩大制造流程创新和先进工业材料的研发活动，削减生产成本，提高产品质量，加快产品开发。

2014 年，美国白宫总统行政办公室发布《2014 年全球大数据白皮书》，分析指出，美国大型企业在投资大数据科技方面存在以下几个关键驱动因素：分析运营和交易数据的能力；洞察客户线上消费的行为，以向市场提供新的高度复杂的产品；对组织中的机器和设备进行

更加深入的感知。

3.1.2 德国工业 4.0 战略

2015 年 4 月，德国提出“工业 4.0”战略。强调通过信息网络与工业生产系统的充分融合，使产品与生产设备之间、工厂内部纵向之间、工厂与工厂之间，都能通过 CPS（物理信息系统）联结为一个整体，从而实现生产的智能化，提升制造业的灵活性和工程效率。工业 4.0 战略展现了一幅全新的工业蓝图：在现实和虚拟结合的网络世界里，互联网将渗透到所有的关键领域，价值创造过程将会改变，原有的行业界限将会消失，新兴的产业链条将会重组，全新的商业模式和合作模式将会出现。

工业 4.0 参考架构（如图 3-1 所示）的基本思路是在一个共同的模型中体现工业系统不同方面。

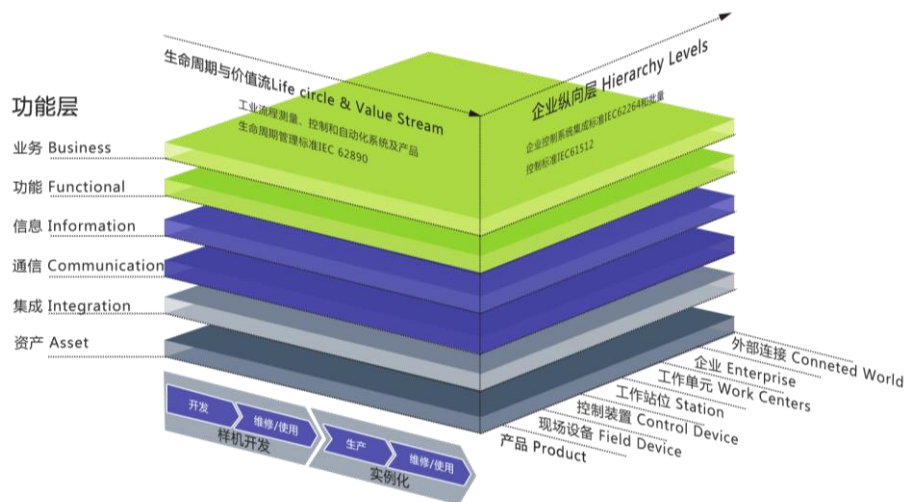


图 3-1 工业 4.0 参考架构

纵轴（IT 功能）上的各个层面从信息技术角度描述不同的视角，如：业务流程、功能描述、数据映像、通信行为、硬件和设备等。横轴（生命周期和价值流）展现的是包括价值链在内的产品生命周期维度。第三轴（企业纵向层）呈现的是工厂或设备内部功能和职责。

德国“工业 4.0”战略的实施重点在于信息互联技术与传统工业制造的结合，其中大数据分析作为关键技术将得到较大范围应用。一是“智能工厂”，重点研究智能化生产系统及过程，

以及网络化分布式生产设施的实现；二是“智能生产”，主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互动以及 3D 技术在工业生产过程中的应用等；三是“智能物流”，主要通过互联网、物联网、物流网，整合物流资源，充分发挥现有物流资源供应方的效率，需求方则能够快速获得服务匹配，得到物流支持。

3.1.3 法国新工业战略

2015 年，法国推出“新工业法国战略”，总体布局为“一个核心，九大支点”。一个核心即“未来工业”，主要内容是实现工业生产向数字化、智能化转型，以生产工具的转型升级带动商业模式转型。九大支点，包括新资源开发、可持续发展城市、环保汽车、网络技术、大数据技术、新型医药等，一方面旨在为“未来工业”提供支撑，另一方面重在满足人们日常生活的新需求。该战略为期十年，主要解决三大问题：能源、数字革命和经济生活。

2015 年 5 月，法国经济、工业与就业部又公布了未来工业计划，该计划将在“新工业战略”的第二阶段中扮演核心角色，主要目标是建立更为互联互通、更具有竞争力的法国工业，旨在使工业工具更加现代化，并通过数字技术帮助企业转变经营模式、组织模式、研发模式和商业模式，实现经济增长模式转变。未来工业计划提倡在一些优先领域发展工业模式，例如新资源、可持续发展城市、未来交通、未来医药、数字经济、智能物体、数字安全和智能电网等。

3.1.4 中国制造 2025 战略

2015 年 5 月，国务院正式印发《中国制造 2025》规划。规划中提出将重点推动信息化与工业深度融合，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向，着力发展智能装备和智能产品，推进生产过程智能化，培育新型生产方式，通过智能工厂的建设从而实现智能生产和智能制造，实现由集中生产向网络化异地协同生产转变、由传统制造企业向跨界融合企业转变以及由大规模批量生产向大规模定制生产转变，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。同年 12 月，工信部、国标委联合发布《国家智能制造标准体系建设指南(2015 年版)》。指南中计划智能制造标准体系^[2]将在 5 年内建成并逐步完善，解决标准体系融合贯通、基础标准缺失的问题，建立起较为完善的智能制造标准体系。指南中确定工业大数据属于智能制

造标准体系五大关键技术之一，并定义了工业大数据标准。

为推动智能工厂的建设，国务院又发布了《促进大数据发展行动纲要》^[3]，系统部署大数据发展工作，推动大数据在工业研发设计、生产制造、经营管理、市场营销、售后服务等产品全生命周期、产业链全流程各环节的应用，分析感知用户需求，提升产品附加价值，打造智能工厂。建立面向不同行业、不同环节的工业大数据资源聚合和分析应用平台。抓住互联网跨界融合机遇，促进大数据、物联网、云计算和三维（3D）打印技术、个性化定制等在制造业全产业链集成运用，推动制造模式变革和工业转型升级。

随着世界主要国家的制造智能化转型战略的相继实施，工业大数据将日益成为全球制造业挖掘价值、推动变革的重要手段。

3.2 工业大数据应用热点

工业大数据挖掘和分析的结果可广泛应用于企业研发设计、复杂生产过程、产品需求预测、工业供应链优化和工业绿色发展等各个环节。

3.2.1 在设计领域的应用

传统的研发设计需经历多次产品生产全周期的试制、修订和迭代，才能获得成品，工业大数据为研发设计带来新优势。从传统产品研发设计过程来看，在研发设计的开始阶段，需要设计师从前期调查入手，洞察客户的需求为出发点，进而利用发散思维找出市场漏洞以及相关链接点。而工业大数据影响下的产品研发设计，设计师可以在网上发布设计，喜欢的用户不仅可以通过同样的平台为这些设计买单，还可以加上自己的想法，形成个性化定制产品。这样，设计师依靠开放性平台探听多变消费者不同时段的需求来进行设计，可明显提高设计效率，同时可以获得其设计思维的商业价值。

工业设计大数据主要用于提高研发人员的研发创新能力、研发效率和质量，支持协同设计，具体体现为以下几个方面：

（1）基于模型和仿真的研发设计

基于模型的研发设计。在数字化技术环境下的产品设计开发，从概念设计就以数字化模型为载体，设计阶段对设计师、工程师、产品销售部门等历史数据信息进行采集、整理、分析，构建全方位的产品数据模型，并可根据应用的具体情况，不受到时间和空间等因素的限制对产品模型修改和完善，然后将最终方案的数据通过生产设备进行产品制作。

基于仿真的设计。产品的设计信息附着在产品数据模型上，产品模型一经修改，设计信息即发生变化，由于设计数据具有关联性，改变的内容不仅影响到正在操作的设计模型本身，还会传递到分析测试模型、生产模型、工程图等其他模型。基于虚拟仿真平台，可以存储各方的技术知识和产品开发过程所需的数据，为产品设计提供精确的科学依据。仿真技术能有效地对产品进行综合的验证，看是否合理以及是否有生产制造的可行性。通过数字化模型的显示、仿真、快速成型、虚拟现实交互，可及早发现设计缺陷，优化产品外形、尺寸和结构，克服以往被动、静态、单纯依赖人的经验的缺点。目前，虚拟仿真技术还在不断提高系统的智能型，逐步解决产品创新设计中的不确定性与模糊性。

中航工业一飞院/中航飞机研发中心在基于模型的系统工程（Model Based System Engineering，MBSE）技术研究及应用推进过程中，运用基于模型的系统工程思想，将原先分散的设计过程和仿真分析，综合到一个统一的设计平台、数据共享平台，通过综合设计、分析手段和多学科优化技术，实现各专业学科要求的综合权衡，并使设计人员能迅速了解设计方案变更对相关系统和飞机性能的影响，减少设计中的错误和不必要的反复，获得全系统的整体最优或次优解。通过构建“虚拟飞机”，实现对方案、设计的快速迭代验证、优化，尽早发现设计缺陷，提高设计质量。

（2）基于产品生命周期的设计

产品生命周期设计涉及广泛的知识领域和多学科协同设计，综合考虑环境、功能、成本、美学等设计准则，所涉及的数据量大，数据来源广（远程监控数据、能耗数据、故障维修数据、生产加工工艺知识数据等），运用大数据相关技术如数据检索技术、大数据分析技术、大数据解释技术等，将产品生命周期设计所需的知识大数据与各种设计过程集成，实现高度有序化的方式展示产品生命周期设计大数据的关系，使产品生命周期大数据在设计过程中得到

有效应用的同时，被评价和推荐，并快速地推送给所需要的人，方便地集成员工在设计中产生的新知识，使产品设计大数据得进一步丰富。

（3）融合消费者反馈的设计

利用工业数据平台获取消费者、市场等各维度的数据信息，包括企业所关注的产品反馈、市场需求、消费者习惯等信息，达到生产者和消费者之间“信息粘性”的效果，并利用这些关联数据信息，通过大数据挖掘分析技术，构建大量的相关性标签体系去匹配产品需求、细分客户类型、分析兴趣爱好、挖掘关注点，实现客户全面洞察，改进、创新设计产品的功能和款式。此外，利用平台门户与消费者直接交互，为消费者提供定制和配置工具，捕捉他们个性化的解决方案，使得消费者更直接、深入地参与到产品创新设计的过程中来。

3.2.2 在复杂生产过程优化的应用

（1）工业物联网生产线

面向复杂生产过程的现代化工业制造生产线安装有大量的传感器设备，利用实时采集到的数据可以实现很多形式的分析，包括设备诊断、用电量分析、能耗分析、质量事故分析（包括违反生产规定、零部件故障）等。首先，在生产工艺改进方面，在生产过程中使用这些大数据，就能分析整个生产流程，了解每个环节是如何执行的。一旦有某个流程偏离了标准工艺，就会产生一个报警信号，能更快速地发现错误或者瓶颈所在，也就能更容易解决问题。利用大数据技术，还可以对工业产品的生产过程建立虚拟模型，仿真并优化生产流程，当所有流程和绩效数据都能在系统中重建时，这种透明度将有助于制造商改进其生产流程。再如，在能耗分析方面，在设备生产过程中利用传感器集中监控所有的生产流程，能够发现能耗的异常或峰值情形，由此便可在生产过程中优化能源的消耗，对所有流程进行分析将会大大降低能耗。

生产线的智能化升级是基于 MES、WMS、APS 等系统的实施，通过信息的读取与交互，与自动化设备相结合，促进制造自动化，流程智能化。通过诸如 AGV 小车、智能分拣配药系统、智能吊挂系统与智能分拣送料系统的导入等，加快整个制造流程的物料循环，通过智能摘挂系统、信号识别系统、智能取料系统、智能装配、智能定制等系统的导入实现整个制

造流程的自动化。除此之外，还可利用大数据分析解决生产线平衡和瓶颈问题，使之达到产能最大化、排程最优化及库存和成本的最小化。

（2）生产质量控制

重点解决质量分析问题和质量预测问题。利用工业大数据技术，基于订单、机器、工艺、计划等生产历史数据、实时数据及相关生产优化仿真数据，采用聚类、规则挖掘等数据挖掘方法及预测机制建立多类基于数据的生产优化特征模型。包括面向质量控制主题的制造大数据多维数据仓库结构和数据模型、制造质量影响因素模糊关联规则挖掘模型等。挖掘产品质量特性与关键工艺参数之间的关联规则，抽取过程质量控制知识，为在线工序质量控制、工艺参数优化提供指导性意见。此外，基于质量特征值的在制品质量跟踪方法，建立与工位节点设备、人员、工艺、物料等动态实时信息的多维视图，挖掘质量缺陷分布规律，为在制品装配过程的质量跟踪与追溯管理提供依据。

（3）生产计划与排程

制造业面对多品种小批量的生产模式，数据的精细化自动及时采集（MES/DCS）及多变性导致数据剧烈增大。大数据给予企业更详细的数据信息，发现历史预测与实际的偏差概率，考虑产能约束、人员技能约束、物料可用约束、工装模具约束，通过智能的优化算法，制定预计划排产，并监控计划与现场实际的偏差，动态地调整计划排产。通过数据的关联分析及监控，企业能更准确地制定计划。

3.2.3 在产品需求预测中的应用

在产品开发方面，分析当前需求变化和组合形式，通过消费人群的关注点进行产品功能、性能的调整。利用互联网网络爬虫技术、Web 服务等不同技术，获取互联网相关基础数据、企业内部数据、用户的行为数据及第三方数据，通过用户画像能客观、准确的目标用户属性描述，做出用户喜好、功能需求统计，从而设计制造更加符合核心需要的新产品，为企业提供更多的潜在销售机会，并且画像可让系统进行智能分组，获得不同类型的目标用户群，针对每一个群体策划并推送针对性的营销。此外，通过历史数据的多维度组合，可以看出区域性需求占比和变化、产品品类的市场受欢迎程度以及最常见的组合形式、消费者的层次等，

以此来调整产品策略和铺货策略。

3.2.4 在工业供应链优化中的应用

供应链环节工业大数据的应用主要体现在供应链优化，即通过全产业链的信息整合，使整个生产系统达到协同优化，让生产系统更加动态灵活，进一步提高生产效率和降低生产成本。主要应用有供应链配送体系优化和用户需求快速响应。

供应链配送体系优化，主要是通过 RFID 等产品电子标识技术、物联网技术以及移动互联网技术能帮助工业企业获得完整的产品供应链的大数据。利用销售数据、产品的传感器数据和出自供应商数据库的数据，工业制造企业可准确地分析和预测全球不同区域的需求，从而提高配送和仓储的效能。利用产品中传感器所产生的数据，分析产品故障部分，确认配件需求，可以预测何处以及何时需要零件。这将会极大地提高产品时效性、减少库存，优化供应链。

用户需求快速响应。即利用先进数据分析和预测工具，对实时需求预测与分析，增强商业运营及用户体验。例如，电子商务企业京东商城，通过大数据提前分析和预测各地商品需求量，从而提高配送和仓储的效能，保证了次日货到的客户体验。

3.2.5 在工业绿色发展中的应用

绿色制造的目标是实现产品从设计、制造、使用到报废整个产品生命周期中能源消耗最低、不产生环境污染或环境污染最小化。绿色制造系统除了涉及普通制造系统的所有信息及其集成考虑外，还特别强调与资源消耗信息和环境影响信息有关的信息应集成地处理和考虑，并且将制造系统的信息流、物料流和能量流有机地结合，系统地加以集成和优化处理。新一代信息技术通过对产品的配方、工艺及原材料采购、生产制造、仓储、运输、使用、大修和报废的全过程进行监控和管理，以数据采集为前端，数据分析和挖掘为服务，为制造企业实现绿色制造提供有力保障。工信部正式对外发布的《2015 年工业绿色发展专项行动实施方案》，将“组织实施数字能效推进计划”列入了重点工作，其中包括推进重点行业企业绿色数据中心试点建设及全国工业节能监测分析平台建设。互联网、云计算、大数据和工业机器人等新技术将引导并推动工业装备绿色化发展，开发和完善基于工业大数据的装备行业制造改

进方案，必将对我国的工业转型升级发展、环保绿色发展，产生积极的重要影响。

3.3 国内工业大数据现状

3.3.1 国内工业大数据应用现状

（1）科研机构的研究现状

中国电子技术标准化研究院自 2014 年以来不断开展智能制造工业大数据的相关研究，承担工业大数据等多项国家智能制造专项，相关成果不断向江苏省等地方推广应用。2016 年 11 月，在工信部指导下，中国电子技术标准化研究院联合智能制造相关领域的系统解决方案供应商、行业用户和研究院所共同发起成立智能制造系统解决方案供应商联盟，其宗旨是培育和壮大智能制造系统解决方案供应商，搭建智能制造系统集成技术研发、行业应用和市场推广的一体化公共服务平台，促进智能制造系统集成共性技术和核心技术的交流与合作，为政府制定相关战略、规划和政策提供支撑服务，为国内各类智能制造项目的实施提供咨询服务和解决方案，带动国产智能制造装备发展，推动制造业转型升级。作为实现智能制造的重要驱动力，工业大数据将为企业制造与管理流程优化，产品、服务和商业模式创新，以及整个行业生态圈的快速聚合提供有效支撑。

此外，2016 年 10 月，清华大学数据科学研究院成立了工业大数据研究中心，实现跨信息学科与工业学科的大数据研究融合，旨在打造自主创新的工业大数据平台。2016 年 9 月，工信部和北京市经信委指导成立北京工业大数据创新中心，致力于打造核心技术突破、应用推广、标准制定、产业孵化、人才培养和国际合作六位一体的工业大数据产业协同创新基地。2015 年 8 月，中国工业大数据创新发展联盟在工信部指导下成立，主要研究制定工业大数据创新发展指导意见，交流展示两化融合发展的成功经验。

（2）企业生产实践中的现状

随着信息化和工业化融合的不断推进，计算机集成制造系统（CIMS）作为制造领域的先进技术，在我国工业企业有较为突出的应用成果。如徐工集团通过国家科委 863/自动化领域机器人主题和 CIMS 主题的共同支持，建立了先进的管理模式、制造模式，并用 CIMS 支持

创新产品的开发，增强了快速反应市场的能力。CIMS 还包括管理信息系统、工程设计自动化系统、制造自动化系统、质量保证系统、数据库管理系统等众多分系统，其在工业领域的集成应用为工业大数据提供了良好的基础。

伴随大数据采集、集成、计算和分析技术的发展，我国一些工业企业也已经进入工业大数据实践阶段。如三一重工自主研发的 ECC（企业控制中心）系统集成了大数据与物联网技术，目前累计接入设备超过 20 万台，构建了基于大数据的远程诊断和服务系统。每台设备交付客户使用后，系统内都会自动产生保养订单。系统自动派单给服务工程师，使用客户逐步摆脱了设备故障只能求助现场服务工程师的传统模式。

随着工业与“互联网+”模式的结合，涌现了众多新型制造模式。如青岛红领集团，通过自主开发出的基于工业大数据的个性化定制平台，实现“智能化的需求数据采集、研发设计、计划排产、制版”，以及“数据驱动的生产执行体系、物流和客服体系”等，把互联网、物联网、大数据等技术融入大批量定制，实现在一条流水线上制造出灵活多变的个性化产品。

目前我国工业技术进步速度较快，发展势头良好，但实现向工业大数据、智能制造模式转型依旧存在很多的困难。经过近十几年的科技创新和设备改造升级，国内制造业信息化水平较上世纪末有了较大提升，但与发达国家相比仍有较大差距。在大数据的应用上面，与徐工集团、三一重工、红领集团这样能够成熟应用工业大数据技术的企业相比，大多数的工业企业尚未对工业大数据技术形成明确的认识和技术上的应用，工业大数据的落地推广依旧存在很多的瓶颈，离工业大数据孕育工业应用生态的发展态势还有很长的路要走。

3.3.2 存在的主要问题及难点分析

在新型制造模式下，传统的制造模式将被突破，变为“人机料法环+智造系统”，数据在各个环节中按照流程顺序流动。研究与应用工业大数据，产品大数据是核心，物联大数据是实现手段，集成贯通是基础(业务模式、商业和价值驱动、关键抽取和应用)。而在实践过程中，实现这三方面都存在不同程度的难点。

（1）产品大数据

产品大数据是工业大数据的根源与核心，但工业制造业领域涵盖十分广泛、行业种类繁多、产品种类数量巨大且仍在不断增长，如何规范产品大数据的定义与分类方法，建立规范的、属性明确的、可查询可追溯可定位的产品大数据，将是顺利应用工业大数据的前提。

（2）物联接入设备

物联大数据是实现工业大数据畅通流动的必要手段，但在工业实际应用中，工业软件、高端物联设备不具备国产自主可控性，物联接入的高端设备的读写不开放，形成设备的信息孤岛，数据流通不畅，突破这种束缚是实现工业大数据的关键。

（3）信息集成贯通

信息集成贯通是工业大数据的基础，集成贯通难点在于商业驱动、打通关键点和环节，掌控产品源和设备，持续优化。工业大数据来源多样，且具有不同的格式和标准，有来自于各种管理系统的关系型数据，还有生产流程数据、视频监控数据等非关系型数据存储的非结构化或半结构化数据。企业内部信息系统彼此独立，在不同的信息来源之间，同类型数据也可能因为软件厂家不同、设备生产商不同等因素导致数据格式千差万别，这对实现信息集成贯通产生了巨大的挑战，实际中经常存在孤立的信息岛。

基于以上问题，需要规范数据格式，搭建国家、行业、企业等不同等级的工业大数据平台，打通工业大数据信息孤岛，充分挖掘工业大数据价值。建设工业大数据不同等级平台作为发展工业大数据的必由之路，既是难点更是需要解决和突破的重点。

与工业大数据相关的平台主要有三类，即技术类平台、行业应用类平台和互联网平台。无论哪类平台，都涉及到诸多环节，牵涉到复杂的技术和架构，需要整合各种资源，都具有巨大挑战。我国目前在工业大数据平台发展方面面临两大问题。一是缺乏产业龙头企业，工业大数据平台向下整合不同装备与控制系统数据，向上承载海量工业应用开发，必须由具有较强影响力的龙头企业主导才能成功。国内华为、和利时等企业虽也开始探索，但在产业资源整合上面临较大困难。二是工业基础技术薄弱，我国在工控系统、工业软件等方面仍与国外存在较大差距，我国国产软件企业在研发设计、业务管理和生产调度/过程控制三类软件中均有一定市场份额，但尚未占据优势地位，属于行业末端跟随者的角色，制约了工业大数据

平台的发展，需要制定相应的策略支撑。

3.4 工业大数据发展形势分析

全球金融危机之后，工业化国家又开始重视制造业的发展。战略上，德国提出工业 4.0 战略，美国提出先进制造业战略，中国提出中国制造 2025 战略等。这些国家战略的聚焦点就是把互联网技术和制造技术能够更紧密的结合，突出工业大数据的重要性。从各个国家竞争的制高点来看，基于平台的标准化是全球在争夺的一个重要领域，比如德国的工业 4.0、美国的先进制造业，基本上都是在建立一个平台来制定规则、标准，这就意味着工业的很多标准都会发生颠覆性的变化^[4]。在制高点的竞争中，对我们国家既是挑战也是机会，对于我国在工业 2.0 和 3.0 上的缺陷，我们需要抓住工业大数据的机会，实现弯道超越。

目前，我国发展工业大数据尚存在如下几方面问题：产品数据格式不统一、规范缺乏，互通融合困难；物联接入设备不能自主可控、高端设备读写困难；标准化不统一、应用不足，集成贯通困难；平台技术架构复杂、资源整合困难；信息化战略、业务战略不一致；网络安全、系统安全、数据安全等安全问题突出。

为了更好地推进工业大数据，构建覆盖工业全流程、全环节和产品全生命周期的数据链，并在此基础上形成基于数据分析的系统级工业智能。首先，工业企业需要加强工业大数据采集、交换与集成，打破数据孤岛，实现数据跨层次、跨环节、跨系统的大整合，应在宏观上从多个维度建立切实可行的工业大数据标准体系，实现数据规范的统一；在实际应用中实现工业软件、物联设备的自主可控，实现高端设备的读写自由。第二，在实现大数据采集、集成的基础上，推进工业全链条的数字化建模和深化工业大数据分析，将各领域各环节的经验、工艺参数和模型数字化，形成全生产流程、全生命周期的数字镜像，并构造从经验到模型的机器学习系统，以实现从数据到模型的自动建模。第三，在大数据技术领域通用算法的基础上，不断构建工业领域专业的算法，深度挖掘工业系统的物理化学原理、工艺、制造等知识，满足企业对工业数据分析结果高置信度的要求。第四，进行数据和 3D 工业场景的可视化呈现，将数据结果直观的展示给用户，增加工业数据的可使用度，通过 3D 工业场景的可视化，实现制造过程的透明化，利于过程协同^[5]。

基于以上四点推进工业大数据的良性循环，可以向工业系统各环节广泛渗透，形成贯穿数据采集、智能控制到智能决策的完整闭环，构造自我迭代和持续改进的智能化工业系统。

4 工业大数据参考架构

工业大数据参考架构以工业过程的业务需求为导向，基于工业系统的业务架构，规划工业大数据的数据、技术和应用（平台）架构，以搭建面向多业务领域、贯通多组织和应用层次的工业大数据 IT 架构。架构设计以业务应用需求为先导，将数据作为工业企业核心数据资产之一，与业务流程相互融合，多视图对工业大数据整个业务过程的业务、数据、技术和平台四个架构维度进行建模（见图 4-1），实现企业以人流、物流、资金流和信息流等各业务线的顺畅运作。业务架构决定工业大数据的应用目标、价值实现和业务流程模型，树立了工业大数据需求和问题导向的应用指导思想，既防止企业不重视数据应用、忽略数据资产价值的倾向，同时也防止脱离业务实际需求，避免出现数据处理过载的问题。数据架构实现业务架构所确定的业务模式向数据模型转变，业务需求向数据功能的映射。应用（平台）架构以数据架构为基础，建立支撑业务运行的各个业务系统，通过应用系统的集成运行，实现数据的自动化流动。技术架构定义工业大数据应用的主要技术、实现手段和技术途径，实现工业大数据应用的技术标准化，支撑其技术选择、开发技术组件。

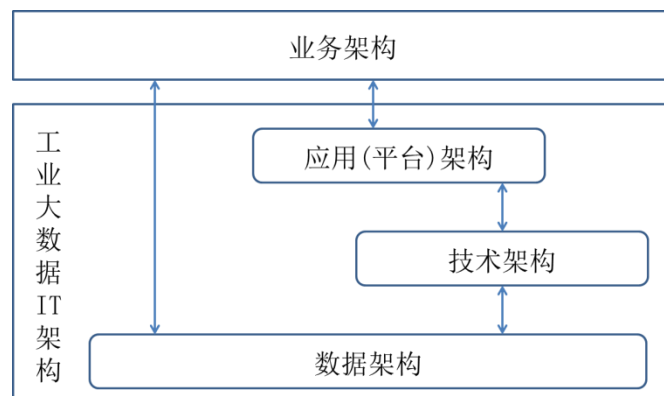


图 4-1 工业大数据的架构方法模型

4.1 数据参考架构

工业大数据应用的目标是构建覆盖工业全流程、全环节和产品全生命周期的数据链，图 4-2 所示展现了工业大数据在实际应用当中涉及到的主要环节，包括数据源、数据收集与集成、数据处理与数据管理、典型应用场景等四个层次。



图 4-2 工业大数据数据参考架构

数据收集与集成层主要实现工业各环节数据的收集与集成，打通现有信息系统的数据连接，包括企业资源计划（ERP）、制造执行系统（MES）、供应链管理（SCM）、产品生命周期管理（PLM）、客户关系管理（CRM）、过程控制系统等。数据源包括：第一类来自企业生产经营相关的业务数据，主要是企业信息系统累计的大量产品生产研发数据、客户信息数据、生产数据、物流供应数据及环境数据；第二类设备物联数据，指工业生产设备物联网运行模式下，传感器实时产生收集的涵盖设备运行参数、工况状态参数、运行环境参数等评估生产设备运行状态、产品运行状态的数据；第三类外部数据，指与工业生产活动相关的互联网上产业链相关企业外部互联网来源数据。

数据处理和数据管理层是工业大数据的核心环节，其关键目标是实现工业大数据面向生产过程智能化、产品智能化、新业态新模式智能化、管理智能化以及服务智能化等领域的数

据处理和数据管理。通过数据建模、数据处理、数据分析，实现数据结果和 3D 工业场景的可视化，对数据质量、能力成熟度、数据资产管理、数据开放共享和交易等进行数据管理。

应用场景层主要是基于数据处理和数据管理结果，生成可视化描述、控制、决策等不同应用，从而实现智能化设计、智能化生产、网络化协同制造、智能化服务和个性化定制等典型的智能制造模式，并将结果以规范化数据形式存储下来，最终构成从生产物联网设备层级到控制系统层级、车间生产管理层级、企业经营层级、产业链上企业协同运营管理的持续优化闭环。

4.2 技术参考架构

工业大数据技术架构共有五个部分，如图 4-3 所示，分别为数据采集层、数据存储与集成层、数据建模层、数据处理层、数据交互应用层。

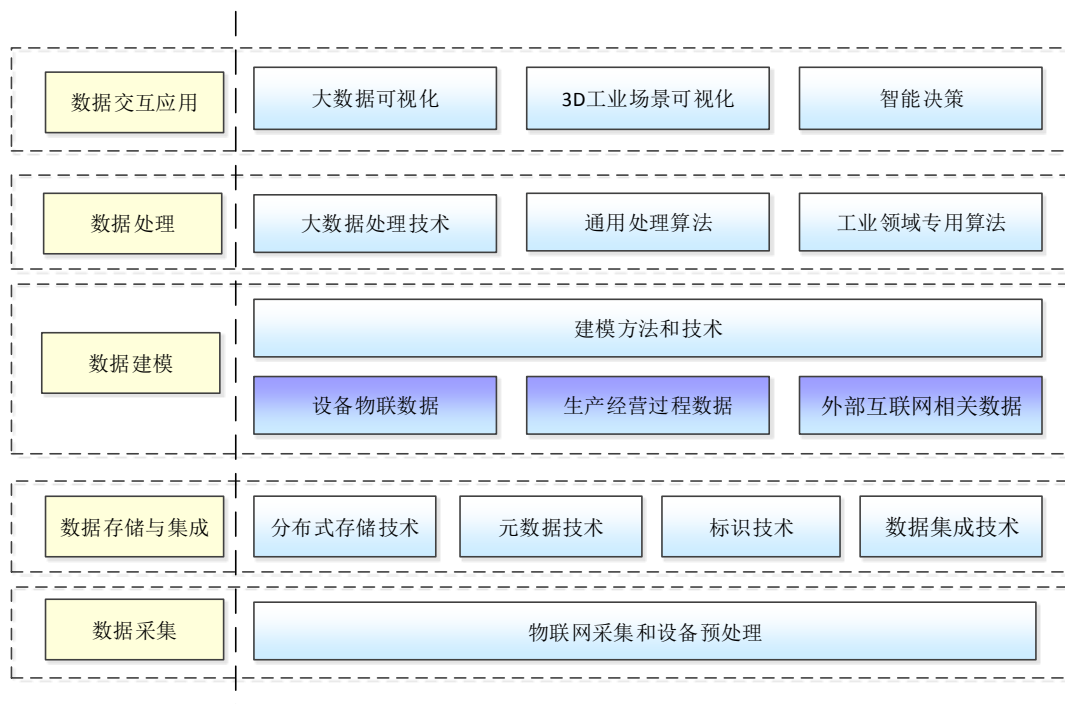


图 4-3 工业大数据技术参考架构

数据采集。以传感器为主要采集工具，结合 RFID、条码扫描器、生产和监测设备、PDA、人机交互、智能终端等手段采集制造领域多源、异构数据信息，并通过互联网或现场总线等技术实现源数据的实时准确传输。首次采集获得的源数据是多维异构的，为避免噪音或干扰

项给后期分析带来困难，须执行同构化预处理，包括数据清洗、数据交换和数据归约。

数据存储与集成。包括分布式存储技术、元数据技术、标识技术、数据集成技术。存储技术主要采用大数据分布式云存储的技术，将预处理后的数据有效存储在性能和容量都能线性扩展的分布式数据库中^[6]；元数据技术包括对订单元数据、产品元数据、供应商能力等进行定义和规范的本体技术；标识技术包括分配与注册、编码分发与测试管理、存储与编码规范、解析机制等；数据集成技术，主要指面向工业数据的集成，包括互联网数据、工业软件数据、设备装备运行数据、加工控制数据与操作数据、制造结果实时反馈数据、产品检验检测数据等等集成与贯通。通过数据集成技术，不仅要做到数据的采集、清洗、转换、读取，更要做到数据写入控制（即对设备装备通过数据进行远程操作）。

数据建模。包括对设备物联数据、生产经营过程数据、外部互联网相关数据的建模方法和技术。对无法基于传统建模方法建立生产优化模型的相关工序建立特征模型，基于订单、机器、工艺、计划等生产历史数据、实时数据及相关生产优化仿真数据，采用聚类、分类、规则挖掘等数据挖掘方法及预测机制建立多类基于数据的工业过程优化特征模型。

数据处理。在传统数据挖掘的基础上，结合新兴的云计算、Hadoop、专家系统等对同构数据执行高效准确地分析运算，包括大数据处理技术、通用处理算法和工业领域专用算法。

数据交互应用。对经处理、分析运算后的数据，通过可视化技术，包括大数据可视化技术和 3D 工业场景可视化技术。可视化技术将数据分析结果，以更为直观简洁的方式展示出来，易于用户理解分析，提高决策效率；企业管理和生产管理等传统工业软件与大数据技术结合，通过对设备、用户、市场等数据的分析，提升场景可视化能力，实现对用户行为和 market 需求的预测和判断。结合智能决策技术，进而实现数据辅助生产制造决策的价值。

工业大数据涉及的关键技术，包括采集技术、元数据技术、标识技术、分布式存储技术、数据处理技术（大数据处理基础算法、工业领域专用算法）、可视化技术（大数据可视化、工业场景可视化）等。其中，采集技术、元数据技术、标识技术、云计算是基础；分布式文件系统为其提供数据存储架构；分布式数据库便于数据管理，同时提供高效的访问速度；Map Reduce 等技术对异构数据进行分析处理，最后利用可视化技术形象生动地呈现给用户。

4.3 平台参考架构

工业大数据平台涵盖了 IT 网络架构和云计算基础架构等基础设施，专家库、知识库、业务需求库等资源，及安全、隐私等管理功能，除此之外，还包含关联工业大数据实际应用的三方面角色，即数据提供方、数据服务消费方、数据服务合作方。

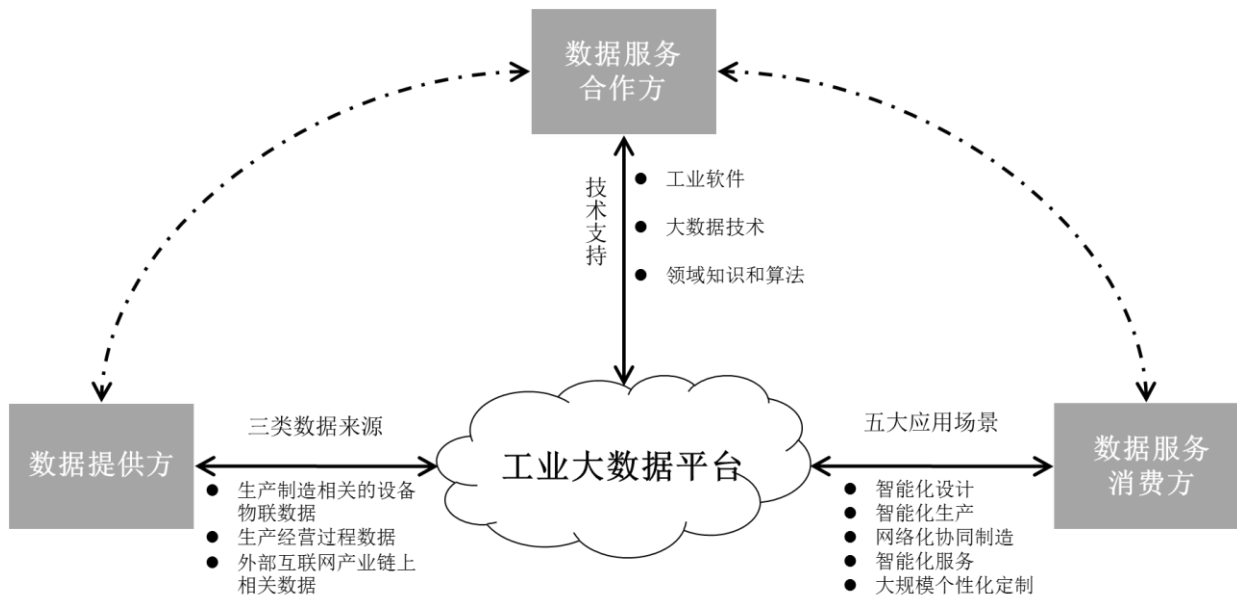


图 4-4 工业大数据平台参考架构

数据提供方是能提供三大类主要数据来源的角色，包括各类人员、工业软件、生产设备装备、产品、物联网、互联网、其它软件等等多类对象，以及企业活动、人员行为、装备设备运行、物联网和互联网运行等多种活动，多类对象的多种活动产生的数据都将通过工业大数据平台直接或间接地提供给数据消费方。

数据服务消费方，是在工业大数据的五大应用场景中，利用目标数据，有目的地进行设计、生产、制造、服务提供、个性化定制等活动的角色，主要是从事产品研发设计、生产制造、产品服务的企业或个人，直接或间接地从数据提供方处获得数据，并进行加工处理，以达到特定的目标。

数据服务合作方，主要是服务于数据提供方和数据消费方，为双方中的角色主体提供其所需要的技术支持、软硬件支持、智力资源的支持等。主要包括工业软件提供商、网络提供商、大数据技术供应商、服务提供商、组织机构、专家学者等等角色，根据双方的需求提供

相应针对性服务。

三方面角色中，企业、组织机构以及个人等角色，都是以商业盈利为目的，利用相关资源从事相应活动。所有的角色与活动，都将融入到行业发展和产业发展当中，在实践中不断自我调整与发展，并将最终形成一个完整的，以商业盈利为目的，知识、技术、软件、硬件、设备、服务模式等不断发展不断创新、不断升级不断上升的工业大数据生态体系，成为智能制造的重要组成部分。

5 工业大数据标准体系

目前，工业大数据技术相关标准的研制还处于起步阶段，本部分对国际标准化组织、全国信标委大数据标准工作组等相关标准化组织已经开展的关于工业数据及信息集成标准化工作进行梳理，依据工业大数据技术体系，从基础、业务实体、应用服务、大数据技术应用等不同角度进行分析，形成了工业大数据标准体系框架。对我国现有标准、在研标准和即将提出的标准计划进行分析，形成了工业大数据标准体系。并对于目前急需研制的标准进行了较为详细的描述，这部分将成为后续标准化工作的重点。

5.1 工业大数据标准化相关工作基础

工业大数据专题组于2015年7月成立，是全国信标委大数据标准工作组下属专题组之一。北京数码大方科技股份有限公司担任第一届专题组组长单位，牵头工业大数据标准化工作，目前有22家成员单位，50余位企业和科研领域的专家参与。

专题组主要负责工业领域的大数据标准化相关工作。主要研究内容是围绕大数据技术在工业产品、研发设计、生产过程、生产性服务等方面应用进行相关标准研制及应用推广，推动制造业向智能化方向转型。

目前工业大数据专题组提出6项国家标准提案，其中已申请立项4项：《信息技术 工业大数据 术语》、《信息技术 工业大数据 参考架构》、《信息技术 工业大数据 产品核心元数据规范》、《信息技术 工业大数据 订单元数据》，同步启动了该4项标准以及《智能制造对象标识符编码与存储规范》、《智能制造对象标识的分配、注册与解析》标准的研制工作。相关标准已经在江苏省徐工集团等10多家单位开展试点示范和应用推广工作。

工业和信息化部、国家标准化管理委员会于2015年12月联合发布了《国家智能制造标准体系建设指南（2015年版）》（以下简称“建设指南”）。“建设指南”明确了建设智能制造标准体系的总体要求、建设思路、建设内容和组织实施方式，提出了智能制造标准体系框架，框架中明确了工业大数据属于智能制造标准体系五大关键技术之一。“建设指南”中关于工业大数据标准给出了具体的描述：工业大数据标准主要包括面向生产过程智能化、产品智能化、

新业态新模式智能化、管理智能化以及服务智能化等领域的数据处理技术标准以及数据质量、能力成熟度、数据资产管理、数据开放共享和交易等数据管理标准，相关任务主要由全国信标委大数据标准工作组工业大数据专题组组织承担。

此外，全国自动化系统与集成标准化技术委员会工业数据分技术委员会（SAC/TC159 SC4）也开展一些与产品生产相关的底层数据标准化工作，其专业范围是制造应用数据和语言方面的标准化工作，包括产品数据表达和交换、零件库结构、制造管理数据和系统集成等，不能满足智能制造环境下的工业大数据标准化需求。

全国工业过程测量和控制标准化技术委员会（SAC/TC124）也是和制造领域相关的标准化组织，主要从事工业过程测量和控制领域的全国性标准化技术工作。工作范围与国际电工委员会 IEC/TC65 “工业过程测量、控制和自动化” 和国际标准化组织 ISO/TC30 “封闭管道中流体流量的测量” 对口。负责范围为：全国温度、流量、机械量、物位、显示仪表和执行器等专业领域标准化工作，相对缺少数据标准化相关的工作。

5.2 工业大数据标准体系框架

在研究提出的工业大数据技术框架的基础上，结合工业数据自身标准化特点、工业数据全周期管理和当前各领域推动工业大数据应用的典型场景，以及未来工业大数据发展的重点区域，我们提出了工业大数据标准体系框架，如图 5-1 所示。

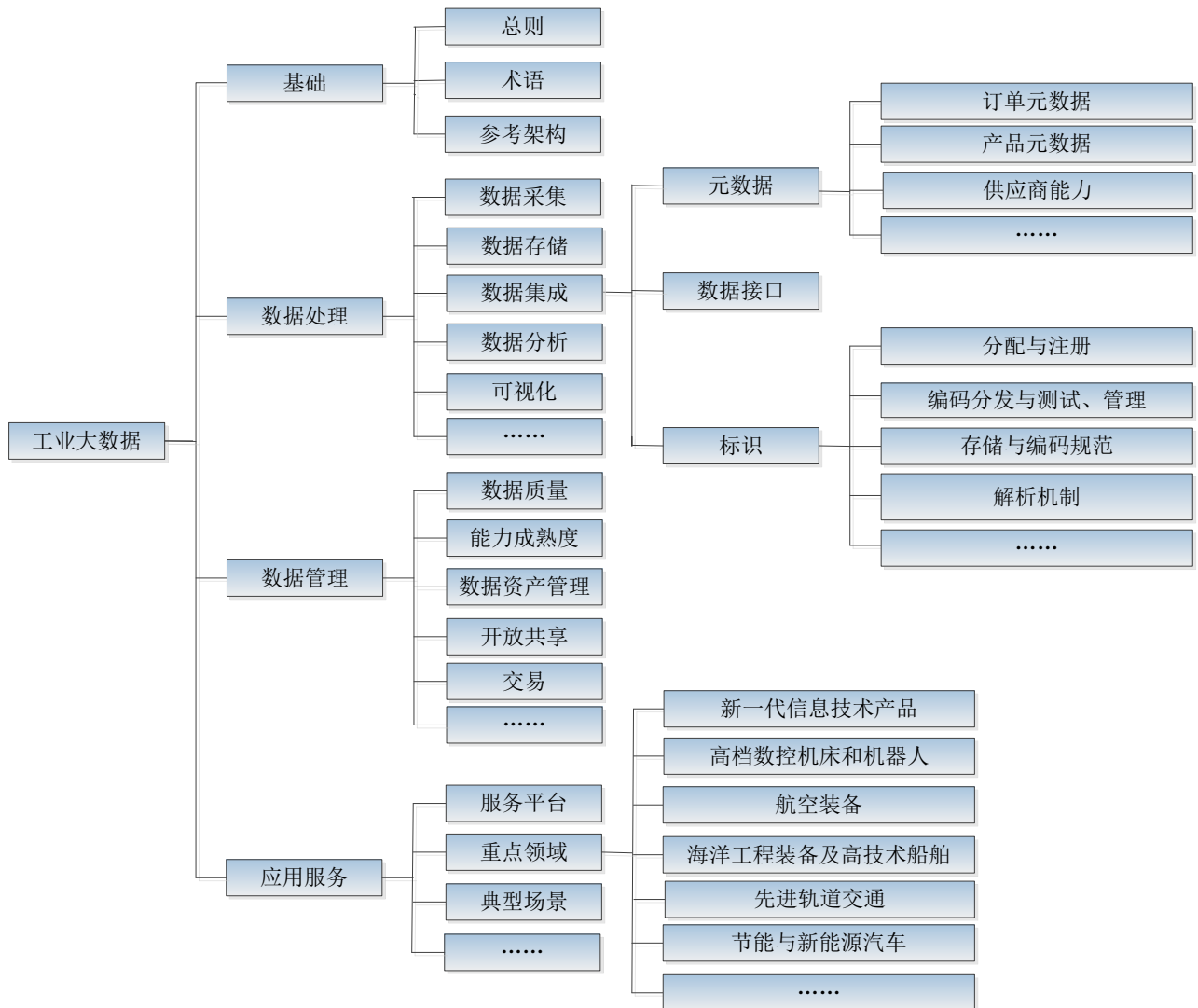


图 5-1 工业大数据标准体系

工业大数据标准体系由四个类别的标准组成，分别为：基础标准、数据处理标准、数据管理标准和应用服务标准。

1) 基础标准

为整个标准体系提供包括总则、术语和参考模型等基础性标准。术语用于统一和规范工业大数据领域的常用术语，参考模型给出工业大数据的基础架构和研究范围。

2) 数据处理标准

该类标准主要针对工业大数据的数据处理相关技术进行规范。包括数据采集、数据存储、数据集成、数据分析、可视化五类标准。其中数据采集标准包括传感器、传感网络等标准，确定感知和传感技术在工业领域的应用规范。数据存储包括关系型数据存储、非结构化数据存储等标准。数据集成通过元数据定义通用对象实体的数据内容、格式，用于解决产品全生命周期数据一致共享问题；通过数据接口标准对数据交换方式进行规范；通过标识标准对工业内实体对象分类和关键数据进行唯一 ID 标识，保证内外部标识、检索和追溯的一致性。数据分析标准包括对数据建模技术、通用分析算法、工业领域专用算法等的规范。可视化标准是对工业数据处理应用过程中所需用到的可视化展现工具的技术和功能要求进行规范。

3) 数据管理标准

该类标准主要针对工业大数据的数据管理相关技术进行规范。包括工业大数据的数据质量、能力成熟度、数据资产管理、数据开放共享、交易等。其中数据质量标准主要针对工业数据质量制定相应的指标要求和规格参数，确保工业数据在产生、存储、交换和使用等各个环节中的质量，包括定义业务需求及相关业务规则，数据质量检测、质量评价、数据溯源等标准。能力成熟度标准主要对工业数据过程能力的改进框架确定规范。数据资产管理^[7]标准主要包括数据架构管理、数据开发、数据操作管理、数据安全等标准，给出工业数据需求定义和实施规范，对数据资产在使用过程中进行恰当的认证、授权、访问和审计规范，监管对隐私性和机密性的要求，确保数据资产的完整性和安全性。数据开放共享标准主要对向第三方提供的开放数据包中的内容、格式等进行规范。

4) 应用服务标准

该类标准主要针对工业数据应用平台确定应用和实施规范。包括服务平台、重点领域和典型场景应用数据三类标准。其中服务平台标准主要包括工业数据平台标准和测试标准，工业数据平台标准是针对大数据存储、处理、分析系统从技术架构、建设方案、平台接口、管理维护等方面进行规范；测试规范针对工业数据平台给出测试方法和要求。领域和场景应用数据标准指的是各重点领域和典型应用场景根据其领域/场景特性产生的专用数据标准，包括五大应用场景和十大重点应用领域。

5.3 工业大数据标准明细表

工业大数据标准明细表如表 5-2 所示。

表 5-2 工业大数据标准明细表

序号	一级分类	二级分类	三级分类	标准名称	状态
1	基础标准	总则		信息技术 工业大数据 标准化指南	拟研制
2		术语		信息技术 工业大数据 术语	申请立项
3		参考模型		信息技术 工业大数据 参考架构	申请立项
4	数据处理	数据采集		信息技术 工业大数据 装备数据采集规范	拟研制
5		数据集成	元数据	信息技术 工业大数据 产品核心元数据规范	申请立项
6				信息技术 工业大数据 （行业）产品核心元数据规范	拟研制
7				信息技术 工业大数据 订单元数据	申请立项
8				信息技术 工业大数据 业务实体分类规范及参考模型（分类模型与核心实体）	拟研制
9				信息技术 工业大数据 核心业务实体元数据（订单、计划、合格证等）	拟研制
10		标识	标识	信息技术 工业大数据 智能制造对象标识分配与注册规范	拟研制
11				信息技术 工业大数据 对象标识编码分发技术与测试、管理规范	拟研制
12				信息技术 工业大数据 智能制造对象标识符编码与存储规范	拟研制
13				信息技术 工业大数据 标识解析系统	拟研制
14				信息技术 工业大数据 基于访问权限控制的工业对象解析机制	拟研制
15	数据管理	数据质量		信息技术 工业大数据 数据质量评价指南	拟研制
16		数据资产管理	数据操作管理	信息技术 工业大数据 数据资产分类与对象注册管理规范	拟研制

17				信息技术 工业大数据 数据资产关系模型设计 规范（以产品为核心建立实体关系）	拟研制
----	--	--	--	---	-----

根据工业大数据标准体系框架，整理出处于已申报及拟研制的工业大数据相关国家标准 17 项。

通过对现有各类标准情况进行分析可以得出：

（1）工业大数据基础部分标准目前属于空缺的状态，为了更好的推进工业大数据的应用，需要尽快完成这一部分标准的制定。

（2）从技术标准上来看，除了直接引用信息技术相关的标准外，工业大数据相关的数据处理和数据管理是工业大数据的重点和难点，标准较为缺乏。在元数据方面，我国已经研制的一些相关标准，可以作为工业大数据元数据规范的基础，但是仍需结合工业大数据环境和特点，在产品、订单、业务方面加强元数据的制定和应用，同时，需要在各行业领域不断细化相关元数据规范；工业大数据应用和发展对数据质量的要求相对较高，在信息技术通用数据质量相关标准的基础上，需要研制工业大数据的数据质量标准；数据作为一种资产在制造领域受到很高的重视，制造领域工业大数据资产的分类及关系需要重新规范。

6 我国工业大数据工作重点建议

6.1 加强核心基础技术研究

核心基础技术研究是发展工业大数据的重要支撑，推动工业大数据应用发展，主要任务是构建覆盖工业全流程、全环节和产品全生命周期的数据链，在此基础上形成基于数据分析的系统级工业智能。开放自主可控的制造业大数据平台软件和重点领域、重点业务环节应用软件；突破数据存储与管理技术，提升工业领域所需各类嵌入式数据库、实时数据库、关系型数据库产品的自主提供能力；结合各工业领域典型需求，突破工业大数据机理模型建模技术、知识推理技术、仿真测试、并行分析处理等高端新型工业软件核心技术，实现对海量工业数据的可靠存储与处理，并有效保障工业数据与工业系统的安全性。

6.2 加强工业大数据标准研制和应用推广

“智能制造、标准先行”，充分发挥标准化工作在智能制造和工业大数据发展中的基础性和引导性作用。依据国家智能制造标准体系总体平台和建设指南，统一不同部门、不同方向标准资源，建立并不断完善工业大数据标准体系，围绕大数据在工业产品研发设计、生产制造、物流、销售、维保服务等全生命周期的应用进行相关标准及技术框架研制，针对数据集成、互联互通等关键瓶颈问题，优先制定参考模型、元数据、数据采集、数据接口、标识解析、数据开放以及工业大数据平台管理等基础共性标准。完善标准应用环境，允许一些行业和地方对重点标准规范先行先试，在智能制造重大示范项目中率先探索工业大数据标准应用模式，发挥工业企业在工业大数据标准化中的资源优势，加强标准的试点示范和应用推广，全面、有效推进工业大数据产业标准化，助推工业企业向智能制造方向转型。

6.3 构建工业大数据流通共享平台

按照统一的元数据、数据质量、接口、导入规范，在全国范围内分布实施，建设国家、行业、企业三级架构的工业大数据服务平台，统一标准，加强共性平台建设，引导工业大数据平台开放共享发展，完善各级服务平台之间的数据共享交互机制。促进数据资源的融会贯

通，打通各个环节数据链条，形成全流程的数据闭环。支持建设工业大数据平台，联合国内领先工业系统及解决方案企业、信息技术企业和工业生产企业，共同开发能够实现底层设备数据集成、计算处理和分析的新型工业大数据平台，支持第三方开发工业大数据分析应用。提供工业大数据服务平台的测试与评价能力，指导和监督各级工业大数据服务平台规范建设。

6.4 探索示范应用

遵循以“需求为导向，应用促发展”的工作思路，实现工业大数据应用从报表、告警等简单的呈现事实型应用，逐步向更加智能的预测分析服务型转变。重点针对综合集成、协同设计、协同制造等工业软件关键能力，选择基础条件好、示范效应强、影响范围广的行业领域积极开展应用示范，探索大数据产业的新模式、新业态，开展工业大数据的集成应用创新实践，打造可复制推广样板。随着智能化改造的推进，逐步打破试点各自边界，建立试点间企业、客户、服务互联互通的信息物理融合系统网络，逐步扩大影响范围，为最终建立全国乃至全球性“工业 4.0”提供管理和实践经验。

7 应用案例

7.1 概述

根据工业大数据 5 种典型智能制造应用场景，以及《中国制造 2025》提出的十大重点领域，我们选编了 13 个典型应用案例，主要侧重点有：工业数据集成和应用、大数据技术应用和智能制造典型场景应用。限于篇幅，每个案例仅是简要介绍，感兴趣的读者可以联系案例单位获取进一步信息。

案例的领域和场景分布如表 7-1 所示。

表 7-1 案例的领域和场景分布表

重点领域/典型 应用场景	智能化设计	智能生产	网络化协同制造	个性化定制	智能化服务
海洋工程装备 及高技术船舶	7.2.1 研发数据管理平台支撑兰石集团智能智造				
航空航天装备		7.2.2 西航发动机智能制造方案 7.2.3 支撑一体化监控与健康管理的异构设备智能互联			7.2.9 飞机运行数据处理与快速响应服务
新一代信息技术产业		7.2.4 宝鸡电气智能工厂质量大数据 7.2.5 电子行业智慧生产系统的工业大数据应用	7.2.7 海尔集团互联工厂制造大数据	7.2.8 英沃电梯 C2M 电梯个性化定制智能平台	7.2.10 工业大数据在工业设备预测性维护中的应用 7.2.11 基于物联网信息终端的工业大数据平台应用
高档数控机床和机器人		7.2.6 苏州明志科技大数据辅助智能制造项目			

先进轨道交通装备					7.2.12 中国中车株 所轨道交通大数据 平台
电力装备					7.2.13 艾克威尔电 机设备智能软起解 决方案 7.2.14 基于工业大 数据的发电设备全 生命周期管理平台
节能与新能源 汽车					7.2.15 新能源光伏 发电行业的大数据 平台应用

7.2 典型应用案例

7.2.1 研发数据管理平台支撑兰石集团智能制造

应用领域：海洋工程装备及高技术船舶

应用场景：研发设计数据管理，设计/工艺/制造一体化，无纸化生产

案例提供者：北京数码大方科技股份有限公司 www.caxa.com

（1）客户需求和方案简介

兰州兰石集团有限公司（简称兰石集团）是我国建厂时间最早、规模最大、实力最强的唯一集石油钻采、炼化、通用机械研发设计制造为一体的能源装备大型龙头企业集团。企业 8000 人，专业技术人员 3000 余人。2014 年销售收入 65 亿，2015 年预计销售收入 100 亿。

典型产品：石油钻采机械、炼油化工设备。



兰石集团与数码大方从 2013 年开始整体规划智能制造项目，2014 年开展项目实施工作，并于 2016 年申报成为国家智能制造项目，具有引领西北、辐射全国的示范作用与推广价值。该项目覆盖兰石集团装备制造板块的 7 家子公司、异地 1 家工厂、3 家研究院分院，支持超过 1000 人应用。通过 CAXA 智能制造平台搭建兰石集团统一的 PDM/CAPP/DNC/MES 集成应用平台，建立了智能化产品研发、制造与管理，并实现与 ERP 的集成贯通应用，大力提升了兰石集团各业务单元的智能化研发与工艺设计、智能化生产、数字化质量与智能控制以及企业整体的异地动态协作与管理能力。

（2）具体解决方案介绍

兰石集团建立了贯通设计-工艺-制造的模块化管理模式，贯通销售、设计、工艺、采购、质量、生产、售后各业务环节的产品全生命周期协同模式，和全业务规范化、数字化、智能化、无纸化制造的应用模式。

通过模块化、参数化等技术及三维 CAD、PDM、CAPP 系统的应用，建立标准规范的技术体系，使得产品及工艺设计实现从传统的图纸传递向数据传递的转变，不仅将技术人员从繁琐重复的劳动中解放出来，极大地提高工作效率，而且可以实现知识资产积累，做到知识共享与快速传递。



兰石集团 PLM 系统与 ERP 系统集成的主要任务是将 PLM 系统中生产相关的零部件、BOM 关系、工艺信息等导入 ERP 系统。集成过程并不采用直接将数据导入 ERP 的方式，而是借用中间数据库，先将 PLM 的数据导入中间数据库对应接口表，再由 ERP 系统从接口表读取数据，以确保系统的稳定，同时，PLM 创建相应接口表，保存历史数据。



基于统一的研发数据管理平台，建立了覆盖全部生产车间的从 DNC 设备透明到 MES 过程透明，到与 ERP 闭环优化的应用体系，通过计划、库房、采购、检验各环节对物料的全过程跟踪，保证生产用料的配套性，为及时交货打基础。

通过与设计工艺的一体化集成，实现对材料、加工、装配、焊接等检验的全过程控制，

杜绝漏检、错检。



通过对产品过程数据的及时有效采集及各业务流程关键节点的有效管控，提高计划的可执行性，实现对各级人员的科学考核，真正发挥计划的核心作用。通过各业务流程环节的全面贯通及生产现场的实时监控，基于互联网，不仅实现覆盖产品全生命周期的全过程质量追溯，而且企业各级领导以及用户可以在任何时间、任何地点，查看产品生产情况，为领导决策提供及时、准确、有效的依据。

（3）方案实施后的价值或成果

目前，基于兰石统一研发数据管理平台，已在集团下属兰石重装、兰石装备、兰石换热、兰石重工、兰石铸锻、兰石兰驼等 6 个新工厂和兰石研究院，建成了集团统一的研发及生产制造管理系统，辐射兰石青岛、新疆两个基地，上海、西安、青岛三个异地研究院。

通过系统的集成应用，上线各单位在制品数据已经实现了数字化、结构化、标准化、规范化，可以为下游管理系统应用提供有效、正确的技术基础数据；实现上线各单位设计、工艺资料等知识资产的集中管理、存储与授权共享。通过项目的数据收集和规范标准制定，形成标准业务流程 200 多个。发布了《兰石集团数据分类与编码标准》、《兰石集团设计图样规范标准》、《兰石集团工艺模板标准》等。目前在 ERP 系统中已经录入供应商 3675 个，客户信息 1242 个，物料编码 102223 个，实现了集团层面的数据统一管理，打通了多套系统的集成，贯通了从设计、工艺、生产到成本的信息通道。整体上，大力提升了兰石集团各业务单元的

智能化研发与工艺设计、智能化生产、数字化质量与智能控制以及企业整体的异地动态协作与管理能力，在信息化平台的有力支撑下，2014 年实现销售收入 65 亿，2016 年集团销售收入力争突破 120 亿元。

7.2.2 西航集团智能制造解决方案

应用领域：航空航天装备

应用场景：智能生产，设备物联（DNC）

案例提供者：北京数码大方科技股份有限公司 www.caxa.com

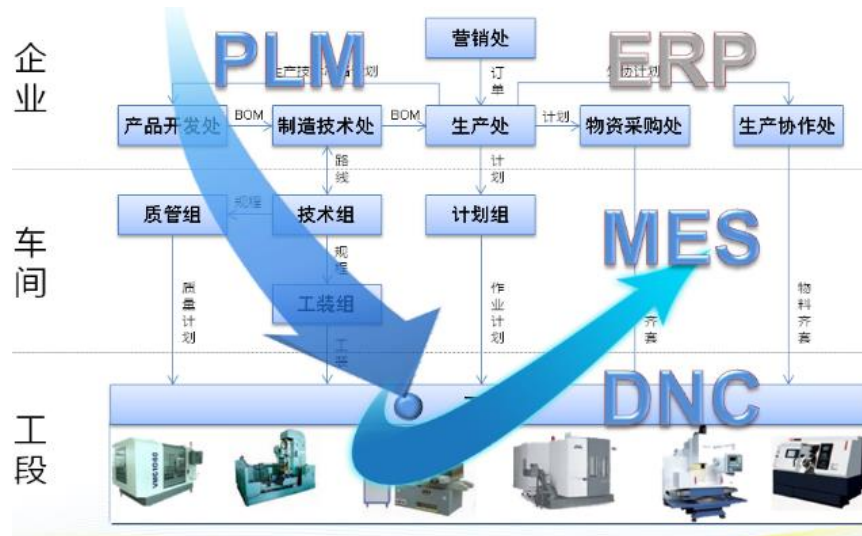
（1）客户需求和方案简介

北京数码大方科技股份有限公司聚焦离散制造业，在基于工业大数据的智能制造解决方案上，已成功实施一批智能车间应用案例：将制造企业中孤立的数控车间，通过智能设备组网，从而解决数据的共享与贯通问题；其中，基于大数据存储分析等技术，系统解决了数据的大规模并行下载问题（目前最大的接入智能设备已达近千台，实时采集和存储高速机床运转信息）、多服务器架构数据同步问题、服务器架构的数据集中与分散机制、接口网路传递过程保护及告警机制、数据采集与其它应用的标准数据交换机制等。目前，CAXA 已在国内如沈飞、西安航空、航天二院、中船重工、一航、北京石油机械厂等数百家大型制造企业成功实施了智能制造和智能车间方案。

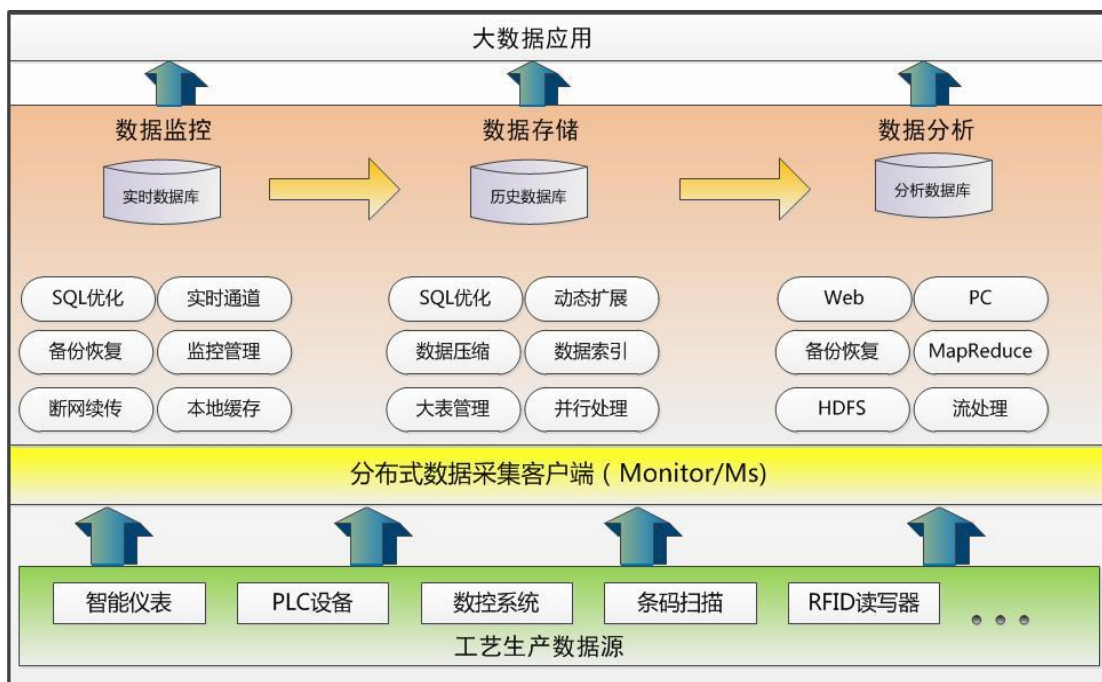
中国一航西安航空发动机(集团)有限公司(简称“西航集团公司”)始建于 1958 年,是中国大型航空发动机制造基地和国家 1000 家大型企业集团之一。研制生产了涡轮喷气发动机、涡轮发电装置、涡轮风扇发动机、燃气轮机等一批代表我国高精尖制造水品的产品。通过实施以设备联网通讯和数据采集为基础、以 PLM 技术为支撑、以数字化工单管控为核心的智能制造系统,实现了车间各类数控装备的联网、通讯和设备状态数据采集,实现了图纸、工艺、3D 模型等技术文件的数字化下发,以及生产进度、质量等信息的适时反馈,将车间单元设备柔性制造能力快速提升为网络化柔性制造能力,提高了企业精益生产和智能制造能力。

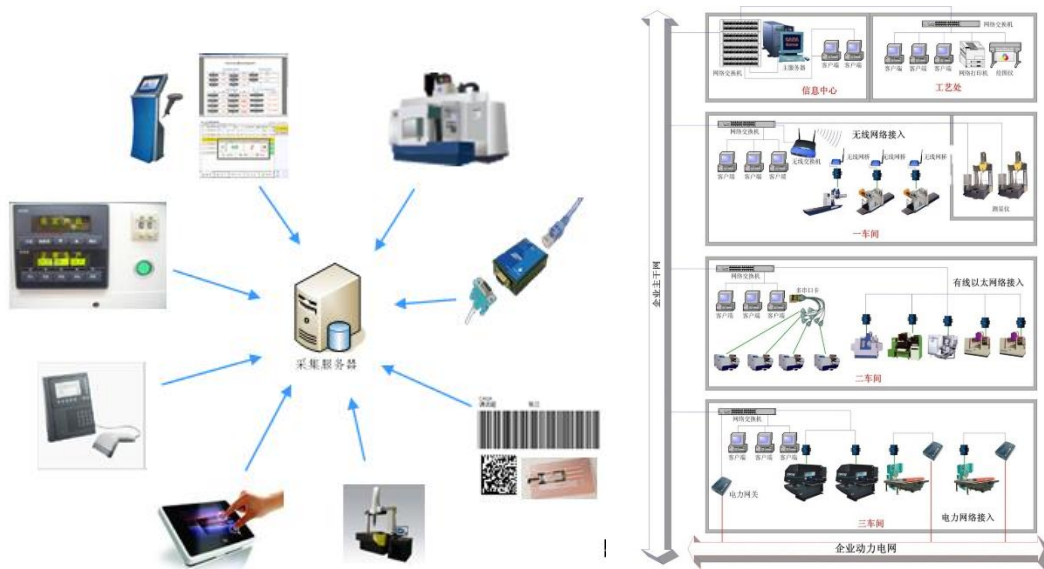
（2）具体解决方案介绍

系统整体应用架构如下图。



智能制造部署架构图（包括多个分布式数控分厂和车间）：





工业运行数据采集范围，包括数控设备开机与关机，主轴转停、执行程序名和起止时间、故障代码等运行状态数据，并能生成或采集机床累计开机时间、主轴累计运转时间、程序累计运行时间等数据。

通过看板可以展示机床实时状态监测——开关机 状态、进给速度、转速、位移、刀具等，还包括生产状态监测：加工程序起始/终止时间、实际运行时间，维修监测、报警信息等。整体上，体现出了工业大数据的几个显著特点：强大的实时监控和采集功能，支持多车间数千台高速机床采集和分布式存储、分析，数据的优化和压缩技术，实时刷新性能达到毫秒级，同时可实时显示任意一台被监控设备的实时变化数据，如坐标变化和主轴转速等，反映时间在秒以内。

在数据采集、存储基础上，可以统计分析采集设备的历史数据，将设备运行状态、设备工作负荷等数据进行汇总分析，得到有关设备运行状态、设备运行效率的报表，并根据设定的查询条件进行丰富多样的图文展示，例如：可以通过设备实时监控界面，从办公室监控所有生产设备状态；通过设备利用率计算，评估实时准确的产能，找出设备瓶颈，提升生产效率；通过全天连续的设备日志，查找不合理的设备使用情况，提高设备与刀具使用寿命等。

（3）方案实施后的价值或成果

应用效果

- ✧ 实现了车间各类数控装备的联网、通讯和设备状态数据采集；
- ✧ 实现了图纸、工艺、3D 模型等技术文件的数字化下发；
- ✧ 生产进度、质量等信息的实时反馈；
- ✧ 车间单元设备柔性制造能力快速提升为网络化柔性制造能力，提高了企业精益生产和智能制造能力。

7.2.3 支撑一体化监控与健康管理的异构设备智能互联

应用领域：航空装备制造

应用场景：智能制造、设备互联、物联网、数据分析、运营管控

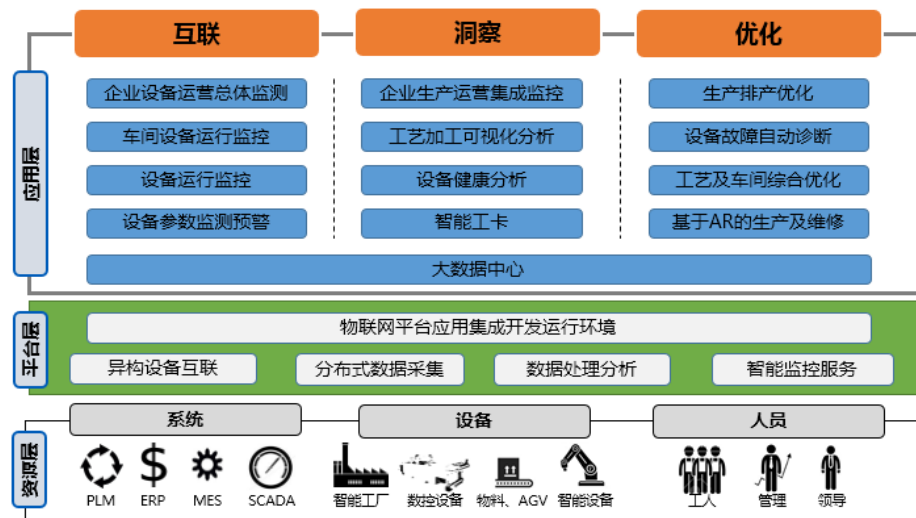
案例提供者：中航工业信息技术中心（金航数码） www.avicit.com

（1）客户需求和方案简介

本案例围绕中航工业特种工艺设备在健康状态分析、故障预测预警、维修决策支持等方面的需求，基于赛博物理系统智能制造技术、物联网技术、大数据及云平台技术，建立设备互联与数据采集、应用平台，对设备进行现场数据实时采集，并通过大数据技术建立分析模型，实现对异常情况进行预判处理，最终构建支持异构设备互联集成、数据采集、数据分析、实时监控的智能制造管控平台。

（2）具体解决方案介绍

根据设备接口、协议及工艺特点，以异构设备互联为基础，进行设备快速建模并采集关键数据，通过实时数据库对数据进行加工处理，分析过程数据对问题进行预判，并以监控的方式对设备、工厂进行监控。总体技术架构如下：



总体技术架构分为三层：应用层、平台层、资源层。

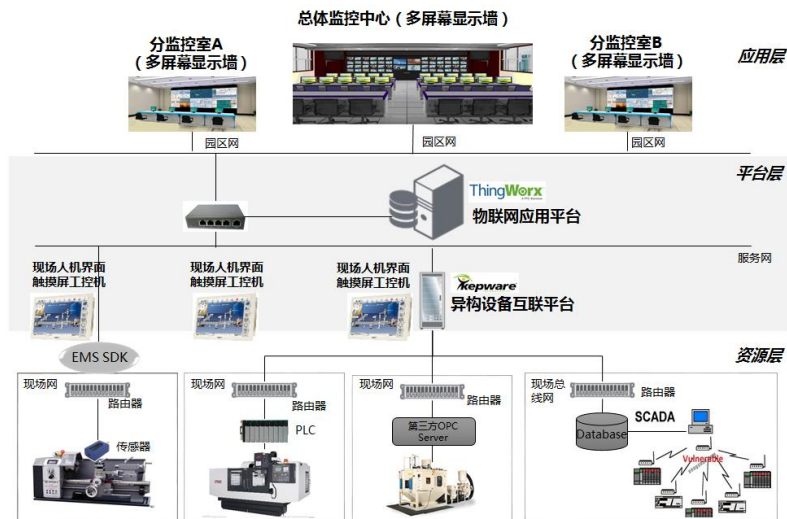
“应用层”面向业务需求，实现设备互联、洞察、优化。“互联”能够全面感知生产过程要素，如各车间整体运行情况，企业设备运营总体检测，车间设备运行监控，设备运行监控，设备参数监测预警。“洞察”提供企业生产运营监控应用，工艺加工可视化加工，设备监控分析，智能工卡等。“优化”提供生产排产优化，设备故障自动诊断，工艺及车间综合优化，基于 AR 的生产及维修。

“平台层”由各系统平台及程序工具构成，建立“异构设备互联框架”，面向航空装备制造设备的特殊性与复杂性，整合零散分布制造车间不同类型规格、不同地域分布的设备，按照规范的模式进行组网互联。“分布式数据采集”能够根据航空装备制造设备多样性及航空零部件高复杂性特点，建立数据分类收集与分布存储规范。“数据处理分析”在大量的过程数据与零件加工数据中，筛选出可用的数据，挖掘出更有价值的内容及问题及趋势。“智能监控服务”整合各类资源数据与数据分析结果，以整体运营管控的形势对数据进行呈现。



“资源层”作为平台数据源由硬件、软件及人员构成，软件由信息化系统构成包括 PLM 系统、ERP 系统、MES 系统、CAPP 系统。硬件由工厂、设备、产品、物料组成。人员由工人角色、管理者角色、领导角色组成。

根据总体技术架构的层级关系，构建总体网络架构如下：



“现场网”现场设备实时数据采集及指令下达，采用工业网络设备如工业路由器、工业交换机、工业级网线接入网。

“服务网”提供物联网平台及各系统工具插件运行环境，包括平台服务器、云服务器、数据服务器，通过企业路由器、企业交换机进行连接入网。

“园区网”物联网平台远程管理、远程查看、远程指令下达等操作，包含管理层客户端工具、技术层客户端，监控室客户端，通过企业路由器、企业交换机进行连接入网。

（3） 方案实施后的价值或成果

该项目以物联网平台为核心，构建了符合行业规范的设备互联参考架构，结合传感器、大数据、增强现实等先进技术，实现了异构设备的互联，实现多层次和多专业设备的运行状态实时监测，并能够基于工业设备产生的运行数据，实现设备健康状态分析、故障预测预警、维修决策支持、基于增强现实的设备现场运营可视化及维修支持等能力，提高整体智能设备系统的最大化运营效率。本系统基于 CPS 总线技术与企业现有应用系统进行整合，以支持智能设备与智能生产过程的紧密融合。

7.2.4 宝鸡电气智能工厂质量大数据

应用领域： 新一代信息技术产业

应用场景： 智能工厂、数据集成、质量大数据、可视化、大数据平台

案例提供者： 美林数据技术股份有限公司 www.meritit.com

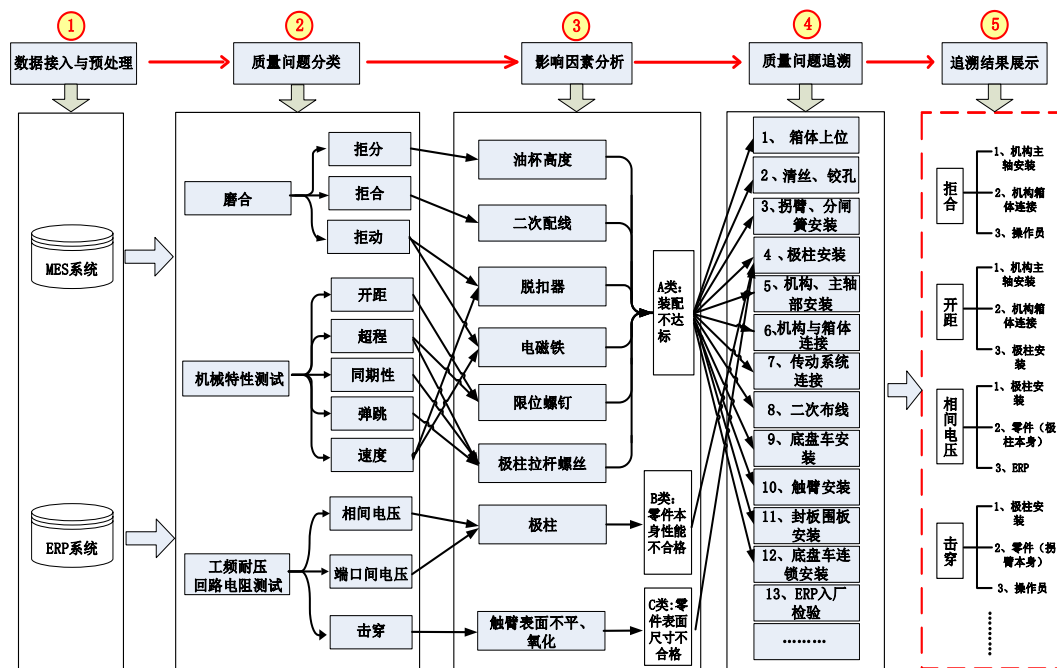
（1） 客户需求和方案简介

宝鸡电气 12kV 开关柜的断路器是影响质量的重要环节。12kV 断路器生产线质量数据采集、质量检测的电子化、信息化程度不高；装配工艺环节如磨合、机械特性测试、工频耐压试验等测试环节问题较多，但未对问题记录与分析，更没有对问题进行追溯，导致质量问题反复出现，严重影响了生产效率和产品合格率。通过数据集成与质量大数据分析，解决机械特性测试、工频耐压测试、磨合测试等环节出现的问题，并追溯质量问题来源。

（2） 具体解决方案介绍

通过对装配过程中发现问题最多的检验工序（机械特性测试、工频耐压测试、磨合测试

的)进行过程数据采集,利用质量问题分类模型将质量数据进行影响因素关联分析,从而定位该产品在装配过程中的质量问题产生源,使产品在各工位装配过程中减少产生问题的次数和发生概率,提高检验工位处理问题的效率和缩短问题分析处理的时间,并将产品质量问题分析结果中由于工艺设计或材料设计引起的产品质量问题诱因反馈给相关设计人员,促进制造过程质量闭环改进,降低产品返工次数和返工率,提高产品生产过程的一次通过率。



美林数据为宝鸡电气设计并建设了质量大数据分析系统,以质量可视化、质量分析应用、大数据平台三大子系统为核心,通过数据集成工具将业务系统中的数据集成到大数据平台,通过大数据平台对数据进行存储、计算、模型构建和可视化分析应用构建,由数据分析应用系统调取质量数据库的数据进行数据开发与可视化分析。



质量分析应用主要面向对断路器产品质量问题的分析业务实现应用，包括各类质量指标和报表业务、质量问题定性分析、关联分析、影响因素分析、追溯分析、质量知识库、质量异常反馈和质量信息可视化等应用；质量可视化对产品制造质量指标进行可视化展现；大数据平台包括分析建模技术组件和大数据技术组件，分析模型包括分类分析模型、聚类分析模型、关联分析模型、异常分析模型和趋势预测模型；大数据技术组件包含 SQOOP、HDFS、HIVE（大数据数据仓库）、HBASE、SPARK、ETL。

（3）方案实施后的价值或成果

通过对装配质量问题进行数据分析，将工艺、工位操作、零部件负载的等影响产品质量的因素进行数值化，促进制造过程质量的针对性闭环改进，达到降低产品返工次数和返工率，提高产品生产过程的一次通过率。12kV 固封极柱式断路器生产线断路器产品不良品率有效降低了约 10%，装配线生产效率提高了约 10%。

7.2.5 电子行业智慧生产系统的工业大数据应用

应用领域： 电子制造业

应用场景： 大数据平台、质量模型、参数调优、研发改进

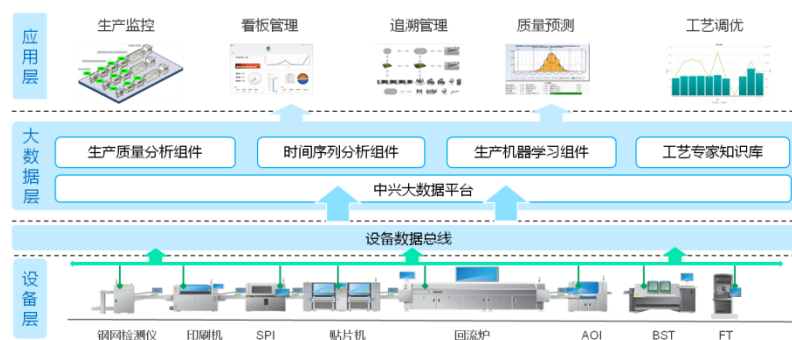
案例提供者： 中兴通讯股份有限公司 www.zte.com.cn/china

（1）客户需求和方案简介

制造业从机械化、电气化到自动化，而今智能化已成行业大趋势。德国工业 4.0、美国工业互联网及中国制造 2025 正在如火如荼的进行中。在此行业大背景下，作为通讯制造行业巨头的中兴通讯股份有限公司（以下简称中兴），提出 M-ICT 2.0 战略，助力智能制造实践，并组织团队研发“智慧生产管理系统”。此系统在公司内部生产线上应用，解决生产设备“信息孤岛”问题，实现设备的互联互通，通过生产看板和质量管理系统，达到生产可视、可控及可追溯。在中兴大数据 DAP 平台基础上，针对电子制造行业特点，开发大数据分析组件，达到工艺参数调优、研发技术改进、生产质量提升的目的。

（2）具体解决方案介绍

中兴通讯将大数据技术与制造创新融合，提出智能制造解决方案。其系统架构图如下图所示：



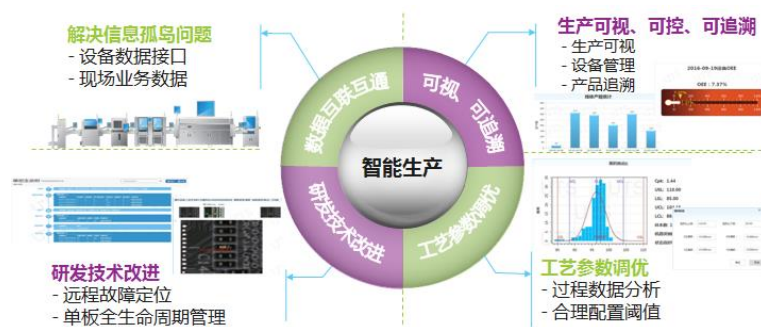
智慧生产系统总体架构

智慧生产管理系统包括设备层、大数据层及应用层。设备层主要将单板生产全生命周期所经的所有设备数据接口打通，实时采集生产数据，通过设备数据总线上传至中兴大数据平台。大数据层采用中兴大数据平台分析挖掘数据，中兴针对工业制造的特点，提供四个组件：生产质量分析组件、时间序列分析组件、生产机器学习组件及工艺专家知识库。

生产质量分析组件将生产数据应用统计方法学分析，并向上层提供生产过程分析，比如 Cpk、箱线图、柏拉图以及 10 多种 SPC 等质量分析服务。时间序列分析组件，对于时间序列的生产数据，通过应用数理统计方法加以处理，以预测未来事物的发展。生产机器学习组件将生产数据构建机器学习模型（如决策树、逻辑回归，支持向量机等）进行分析，挖掘隐藏在数据背后的价值，提升生产良率。在电子制造领域，中兴拥有一批行业内权威的资深工艺

专家, 工艺专家知识库将可以将这些工艺专家的经验知识转化为可指导设备操作的知识宝库。

智慧生产系统包括四大功能：数据互联互通、生产可视可追溯、工艺参数调优及研发技术改进。其中，数据互联互通通过物联网技术将所有设备生产测试数据实时采集，以解决信息孤岛问题；生产可视可追溯通过实时看板及质量报表达到生产的可视化，同时通过唯一码达到产品级、物料级以及人、机、料、法、环的可追溯性；工艺参数调优则通过大数据建模，科学合理的设置工艺参数阈值；研发技术改进通过单板全生命周期管理及远程故障定位技术，帮助快速发现并解决问题，同时发现问题的共性，反馈至研发，以改进单板设计。



智慧生产系统功能划分

（3） 方案实施后的价值或成果

该系统目前已在中兴内部使用，对于生产线成本节约、效率提升及质量提升方面做出了重要贡献。引入该系统后，现场人力投入减少 31%，设备利用率提升 24%，单板生产合格率提升了 16%，NPI 导入周期 5 天缩短到 2 天，产品质量定位时间也大幅缩短，而且支持异地办公，节约出差成本。

该系统的应用不局限于电子制造业，由于其开放性系统架构，完全支持其他行业，比如：机械、航天航空、制药等，根据行业不同，在数据采集层针对不同设备特点进行扩展，专家知识库也可以根据各企业不同进行更新补充。随着行业应用增加，最终将形成工业大数据在智能制造方面的生态圈。

7.2.6 苏州明志科技大数据辅助智能制造项目

应用领域： 高档数控机床和机器人

应用场景： 智能车间 PON 网络 制造管理系统（MES）大数据分析

案例提供者： 江苏鸿信系统集成有限公司 www.jsict.com

（1）客户需求和方案简介

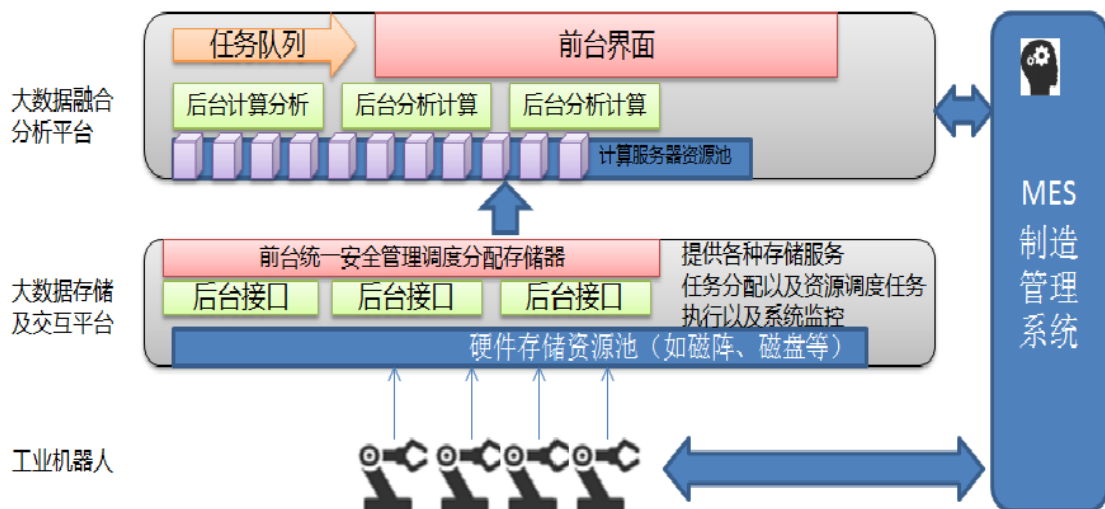
苏州明志科技车间中的主要生产设备是明志科技自主研发的智能化精密组芯铸造生产线，并大量使用机器人完成作业。在此基础上，进一步精细化管理工业机器人的统筹协作，任务分配，是提高生产流水线效率的关键。铸造车间按照网络化、智能化的制造理念进行规划设计，实现网络全覆盖，设备设施全网互通。

此外，新车间引进了先进的制造管理系统（MES），结合电信的物联网、互联网、工业自动化等信息技术，实现智能物流、自动识别监控、生产计划调度、产品信息追溯等各制造要素的全方位集成，实现铸造生产的智能化解决方案。

（2）具体解决方案介绍

苏州明志科技与中国电信苏州分公司紧密合作，在新铸造车间的信息化技术运用上，使用电信的工业 PON、物联网远程连接等业务。工业 PON 网络的实施，解决了分布在车间各个区域的设备及信息终端网络连接问题，与传统的局域网方案相比提供了更高级别的抗干扰性、可靠性与传输高效率，更加符合 MES 系统对大数据量、高效率、稳定传输的要求。

应用物联网远程连接技术，在大数据存储平台之上汇总工业机器人的生产数据，包括产品线负载，效率，产品线上下游协作情况等。在大数据融合分析平台，综合大数据分析技术，分析生产线的执行效率和任务完成情况，及时检测异常，发现闲置或低效的生产线，优化生产资源配置，调整机器人的自由度，工作速度，工作精度。同时，对智能车间实时化调度，减少重复错误所导致的成本和时间损耗，实时聚焦来自上中下游的内外部大量数据。通过前台页面综合指标展示，为工程师决策提供坚实依据，为系统提供预警保护，包括：设备运行状态监控、设备维护的提醒、设备故障在线诊断排除等。



(3) 方案实施后的价值或成果

苏州明志科技的整体网络化智能化车间获得了“江苏省优秀示范智能车间”称号，与同样规模的传统生产车间相比，占地面积小，生产效率高，并实现网络全覆盖，设备设施全网互通。建成以来，公司的管理更透明、生产信息更及时。大数据分析应用使得信息的价值得到更加充分的利用，效果显著。车间员工数量降低 75%，产品质量不良率下降 3%，生产效率提升约 25%，设备故障预警更精准，提升了设备的可用率，降低维修成本，为企业带来了良好的经济效益的同时提升了企业的行业竞争力。

7.2.7 海尔集团互联工厂制造大数据

应用领域： 新一代信息技术产业

应用场景： 互联工厂、制造大数据、可视化、挖掘分析、实时监测

案例提供者： 海尔工业智能研究院&海尔信息创新 Cosmoplat.haier.com

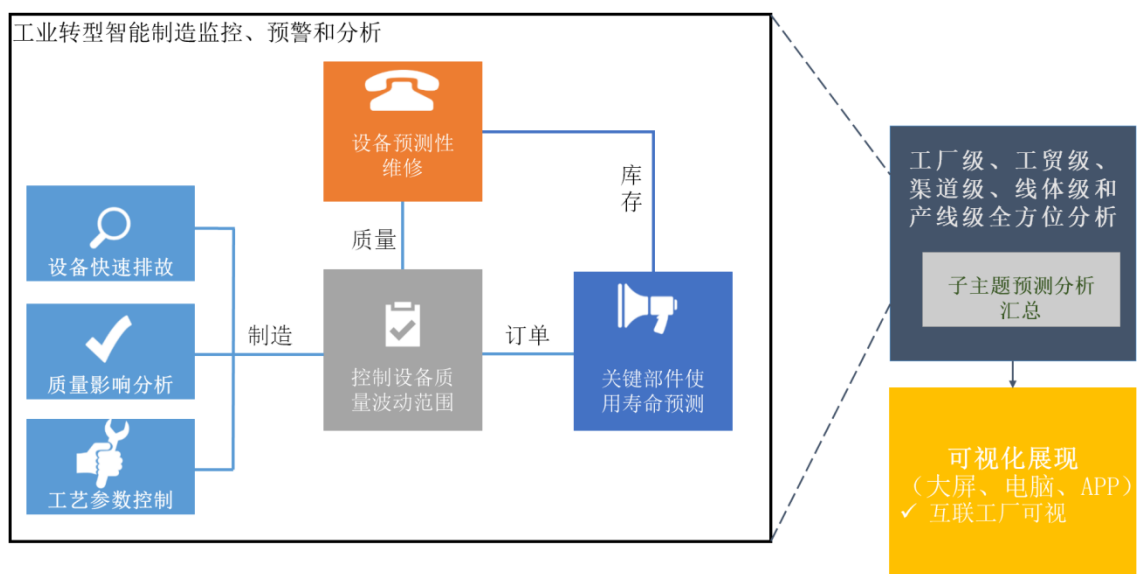
(1) 客户需求和方案简介

海尔集团的全球业务纵向分为全球-区域(七大区域)-单厂(108 个工厂)三级，横向分为制冷、洗涤、空调、厨卫、互联、视听等六大产业，集团对各工厂的生产执行情况很难全面和实时掌握，原来主要靠系统报表来传递信息。互联工厂承接集团互联互通战略，构建一个集团级的智能制造信息可视化平台，能实时收集分析集团所有工厂定单、设备、质量、物

料等运行和保障情况，同时实现从交互到设计、采购、制造、物流等全流程绩效和竞争力的实时可视。

（2）具体解决方案介绍

随着大数据技术的发展和海尔互联工厂的探索实践，根据海尔集团互联互通的战略要求，提供一个集团级的制造信息可视化平台，以实现互联工厂全流程、全过程的透明可视及数据实时收集、分析。同时，结合可视化的技术，将分析挖掘、实时监测出来的数据进行展现，确保第一时间发现问题，解决问题，实现快速关差。

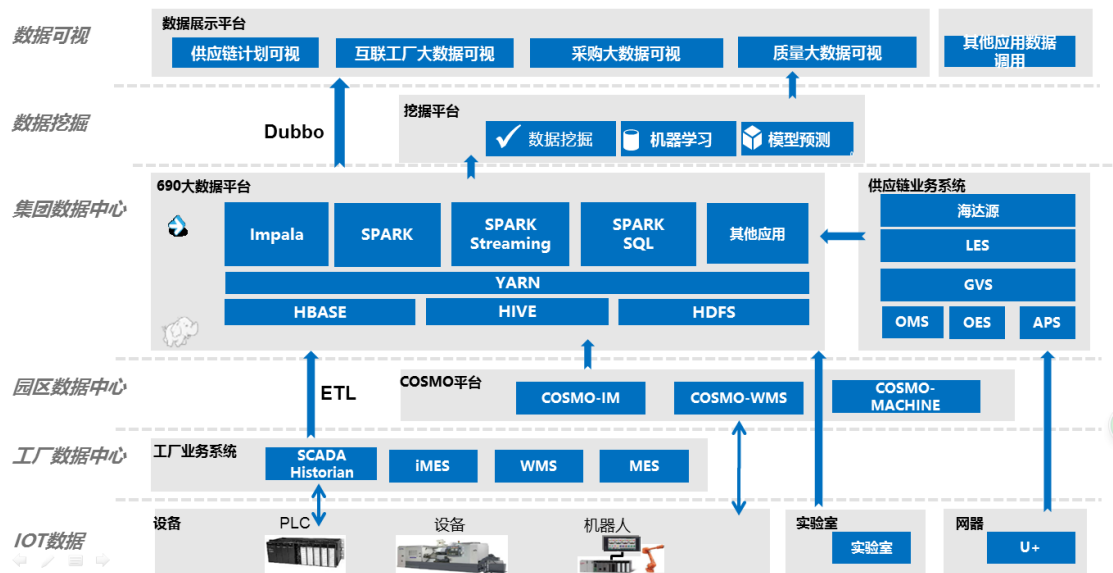


典型应用场景图

海尔互联工厂的全流程、全过程数据透明可视，主要包括供应链中生产执行情况、设备参数实施展现、设备运行情况监控、订单执行报警、质量控制等数据的可视化展现。生产过程将展示企业内部以及各个业务主体、各个产品在交互、设计、采购、制造、使用过程的相关设备、订单等信息。通过对于各个不同产品、不同过程的分析，达到对于各个阶段质量信息的展现。通过对于关键过程的钻取，可以详细看见各个过程中所展现的明细数据指标内容。

海尔互联工厂可视化平台，纵向分为全球-区域(七大区域)-单厂（108个工厂）三级，横向分为制冷、洗涤、空调、厨卫、互联、视听等六大产业，纵横交互分析订单、质量、安

全、设备、人员成本等工业制造指标数据。每个工厂日产生数据 50G 左右，每天处理 5.4TB 数据。每分钟处理 3.75GB 数据。



平台总体架构图

以大数据图形化、图像化以及动画化等展现技术，完成报告、查询、分析、预警、搜索。

(3) 方案实施后的价值或成果



业务管理者:

- 通过设备报警和预警显示，并对报警闭环处理，设备停机时降低 20%;

- 对质量状况质量问题监控实时显示和分析，定单合格率提高 2%；
- 对设备、质量、定单问题及时报警并推送相关人，提高报警闭环周期和闭环率；
- 设备预防性维护，故障预警分析，责任到人，闭环关差；
- 定单信息到全流程、到人，实现并联协同、闭环关差。

运营管理者：能够了解产品结构、运营成本、设备质量和服务方式，通过优化企业资源及流程，降低运营成本、提高利润、增强企业在市场上的竞争能力。

企业决策者：从数据中分析企业发展趋势，挖掘新的商业机会，根据数据辅助企业管理者进行决策，提高了决策的及时性及准确性。

7.2.8 英沃电梯 C2M 电梯个性化定制智能平台

应用领域：新一代信息技术产业

应用场景：工业大数据、C2M(Customer-to-Manufactory)商业新模式、个性化定制

案例提供者：苏州罗想软件股份有限公司 www.roadshare.com

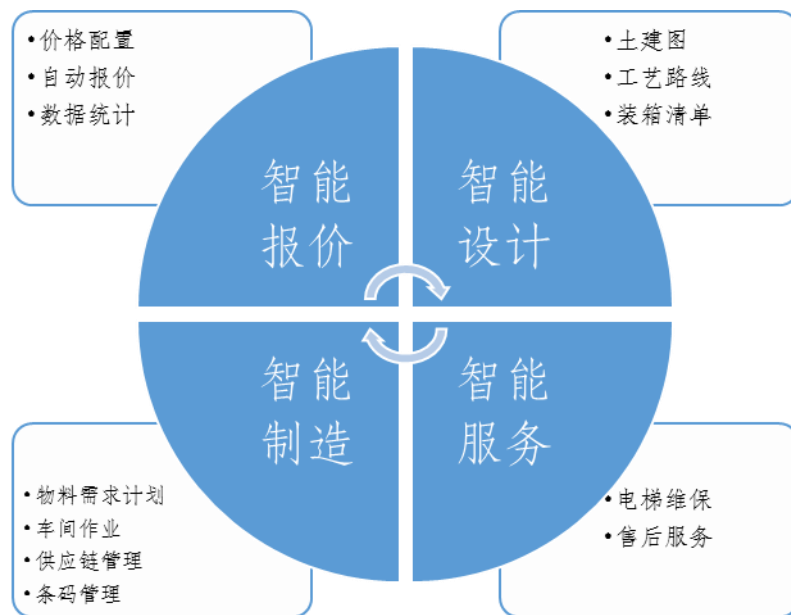
（1）客户需求和方案简介

英沃电梯有限公司是一家集电梯、自动扶梯及关键零部件的设计、研发、制造、销售、安装、维保为一体的现代化专业电梯企业。随着行业竞争的不断加剧，电梯市场不断走向客户定制化、交货期短及产品多样化的柔性生产模式，管理难度大。

英沃 C2M 电梯个性化定制智能平台，采用流量分成模式、云计算和物联网方法，实现从报价、设计、制造、服务全流程的智能化、自动化、数据化、网络化的处理，完成面向电梯终端客户的个性化定制生产和服务。引入数字化工厂智能制造的解决方案，借助于信息化和数字化技术，利用集成、仿真、分析、控制等手段，通过 ERP 系统与二维和三维仿真系统、PLM 系统、MES 系统、SCM 系统、数控加工中心等系统的集成，推动实现制造过程的自动化和智能化。

（2）具体解决方案介绍

英沃 C2M 电梯个性化定制智能平台，包括智能报价、智能设计、智能制造、智能服务四个方面内容，具体如下：



1) 智能报价

各地的分支机构将客户对电梯产品的个性化需求记录到系统，通过系统形成销售合同和订单。技术特点：数据分析整理、云计算。

2) 智能设计

电梯土建井道设计系统进行自动设计，生成图纸、加工 BOM 清单和装箱清单，传到制造部门。技术特点：二维和三维设计软件自动驱动、大数据计算。

3) 智能制造

智能生成加工计划和采购计划，整个电梯生产过程置于实时、透明的监管系统之下，快速柔性的实现按客户个性化订单进行制造和交付。技术特点：云计算、条码技术、设计与设备接口技术。

4) 智能服务

通过电梯物联网技术实施“预防性保养”、远程监控，当电梯发生故障，可以做到自动派工，迅速抵达现场处理。技术特点：物联网、云计算。



(3) 方案实施后的价值或成果

C2M 电梯个性化定制智能平台通过持续的数据积累，最终形成研发、生产、质量、服务、运营大数据，构建电梯行业数据中心，最终实现企业研发设计协同化、生产管控集成化、购销经营平台化、制造服务网络化。

公司运营	价值点	上线之前	上线之后
交货周期	合同处理时间	7 天	2 天 (降 71%)
	订单分解和制定计划时间	3 天	0.5 天 (降 83%)
	生产和采购周期	10 天	7 天 (降 30%)
工作量	合同处理人员	6 人	2 人 (降 67%)
	计划制定人员	4 人	1 人 (降 75%)

	相关统计人员	5 人	2 人（降 60%）
质量 管控	计划制定的错误率	10%	1%（降 90%）
	装箱发货缺件漏件情况	20%	1%（降 94%）
	成本计算的准确率	0	90%（提升 90%）
资金 周转	年库存周转次数	5 次	10 次（提升 100%）

7.2.9 飞机运行数据处理与快速响应服务

应用领域：航空航天装备

应用场景：产品健康管理，智能服务，快速响应中心

案例提供者：中航工业信息技术中心（金航数码） www.avicit.com

（1）客户需求和方案简介

西安飞机工业（集团）有限责任公司（简称中航工业西飞，下同）是中国航空工业集团公司旗下唯一一家集民用飞机市场开发、设计制造和客户服务于一体的国有大型骨干企业。到目前为止，中航工业西飞研制的新舟系列飞机（包括新舟 60 和新舟 600 型飞机）已经拥有国内外客户 32 家，交付的新舟系列飞机共计 118 架，机队累计飞行小时和飞行循环双双超过 30 万）。

随着新舟系列飞机客户数量和机队规模的不断扩大，各运营商对服务要求越来越高，特别是希望各类服务请求能够得到快速响应。如何通过创新服务理念，增加服务内容，改善服务手段等措施来提高服务质量和效率，一直备受波音和空客等民机制造商的关注，而这些在很大程度上都依赖于数字化技术和网络技术的应用水平。新舟飞机的运行支持能力无论在理念上还是技术保证手段上，也希望能够尽快接近或达到国际主流民用飞机制造商的水平。

（2）具体解决方案介绍

新舟系列飞机的运行数据管理保证飞机全寿命周期内构型信息的唯一性、准确性、有效性和可追溯性。数据的组织以单架次飞机构型管理为核心，涉及设计数据管理、制造数据管理、客服数据管理、试飞数据管理、供应商数据管理、运营数据分析等方面的数据管理和交换平台。包括每架飞机的基本信息，客户信息，按照其有效性管理的维修性要求，飞机的使用操作规范及要求，型号飞机设计规范及适航要求，最低放行标准等。交付后日常运营过程中飞机运营数据的采集和分析，基本维修计划的更新，特殊或临时维修工作方案，对客户化的维修方案支持，大修及维修的记录管理等。维修性要求包括维修性分析、试飞和疲劳试验、维修审查委员会报告、维修工程大纲、维修计划、GSE/工具设计与批准、机场及设备计划、可靠性监控、维修成本、签派/运营可靠度、计划维修间隔、停场时间等，制定维修性指标，确保各项维修性指标在设计过程中得到满足。日常运营过程的工程数据包括技术类服务通告管理与编发、服务信函管理与编发、供应商服务通告评审、外场飞机疑难故障分析、频发故障处理方案、临时维修方案制定、超手册修理方案制定等工程支援类数据及运行监控数据的收集、可靠性分析、实时监控、健康管理、机队构型管理等分析类数据。

利用运行数据管理平台，基于多智能体系统、案例动因的智能群体决策支持等数据挖掘与分析算法，在需求模式响应及专家资源分配、故障诊断方面建立了基于模型的服务请求任务分配机制，为快速提供服务请求解决方案提供了一种方便快捷的方法。

新舟系列飞机客户服务快速响应相关应用包括：客户服务门户网站，客户机队管理、工程技术支援管理、航材备件管理、辅助教育培训管理、技术出版物管理、运营监控管理、飞机运营信息收集与外场服务移动 APP、单机履历管理和故障诊断管理十大业务系统、主数据管理及内外网数据交换两个工具和业务基础平台，覆盖新舟飞机客服业务全部范围。基于新舟系列飞机国内民航适航局持续适航的要求和客户的特点，首次将适航局、飞机制造商、供应商、承修商与航空公司相关业务和流程集成于一个协同工作平台，实现运营信息与服务信息的交互，有效提升了服务能力。

新舟飞机大数据监控：



新舟飞机客户航线监控：



新舟民机服务移动 APP:



(3) 方案实施后的价值或成果

该平台覆盖了民机客户服务与运行支持业务。通过数据实时分析处理，实现对各类服务请求的分类处理、处理进度的跟踪和监管，应急支援异地服务请求，对飞机的状态和故障进行快速预判和警示，对已经出现的排故请求能迅速通过分析和相关算法进行故障定位，取得解决方案，并推送至移动设备，帮助外场维修人员快速解决。支援能力显著提升，对 95%以上业务以及应对突发、意外情况有良好的处理能力，快响首次准确答复率到达 90%。

7.2.10 工业大数据在工业设备预测性维护中的应用

应用领域： 新一代信息技术产业

应用场景： 工业大数据，智能监测，工业设备，预测性维护，维保 4S 服务

案例提供者： 重庆享控智能科技有限公司 www.dzrplus.com

（1）客户需求和方案简介

石油、化工、冶金、电力等行业每年因设备故障给企业带来的安全风险及损失巨大，同时，企业在设备的维修、备品备件的储备上也花费了大量的人力、物力、财力。为帮助企业降低因设备故障带来的安全及损失，同时降低备品备件的储备投入，我公司为石油、化工、冶金、轻工、电力等工业企业及工业设备生产厂家提供了云企业中心-企业物联网云服务一站式解决方案。

（2）具体解决方案介绍

内容包括：基于人工智能的设备智能运维、基于设备智能运维的云企业中心及基于云企业中心的智能运营。

设备基于电子物联网众多的行业解决方案无缝接入电子物联网云，通过云端设备智能监测机器人可远程监控设备运行状况、远程调试、远程诊断、甚至远程控制、并可提前预测设备故障、提出解决方案并自动通知设备使用单位、生产厂家、维保单位对设备提前维保，以减少不必要的停机并降低设备使用成本，实现设备的智能运维。

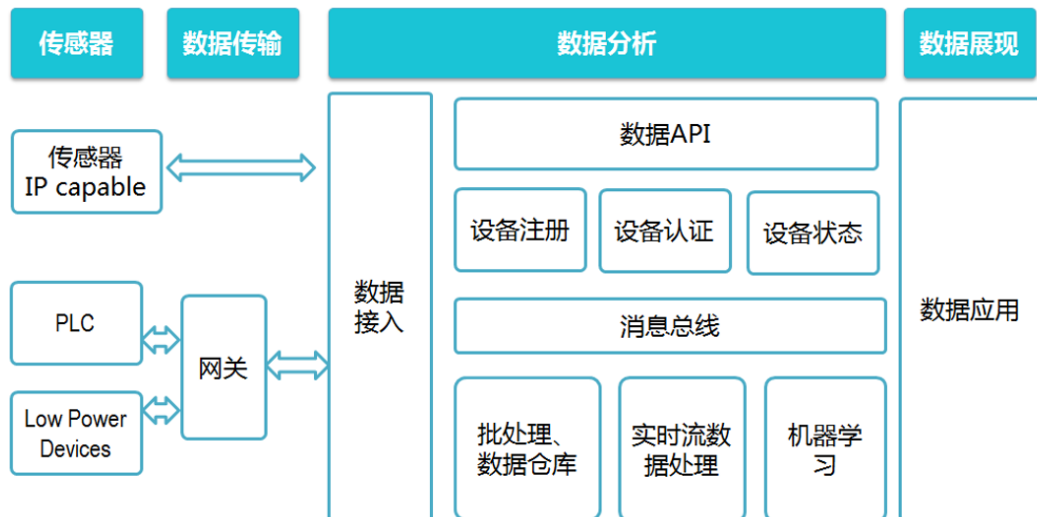
云企业中心是企业所有应用、数据与服务的智能集成管理平台，实现设备（产品）的在线管理、实时监控、远程诊断与调试、故障预测及维保等设备（产品）全生命周期的管理，集成企业的物联网应用、PLM、EAM、MES、ERP、CRM、电子商务等与人工智能应用相结合，是以实现企业智能化运营为目标的企业运营中心与数据流通中心。

对云企业中心的设备数据、产品数据、研发数据、制造数据、合作伙伴数据、供应链数据、营销数据、知识数据等对内对外数据的挖掘分析，实现企业管理与经营状况的可视化展示、智能化决策与智能化管理，助力智能时代下中小型企业产品智能化、营销移动化、决策数据化、资源共享化等业务与管理变革的创新。

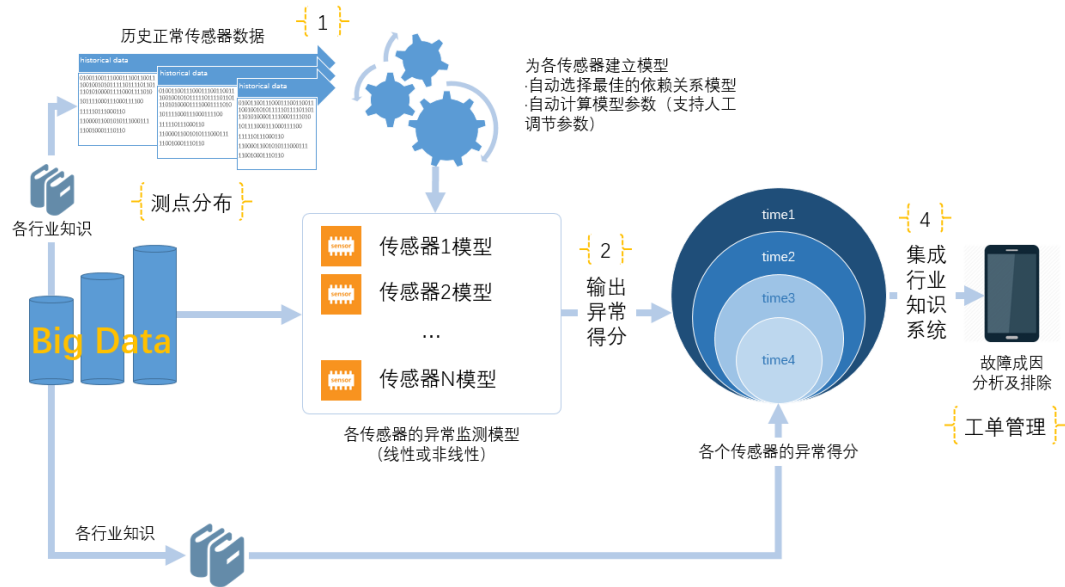
工业设备智能监测解决方案



工业大数据的架构：



设备故障预测流程：



(3) 方案实施后的价值或成果

工业阀门企业服务转型前：工业阀门企业主要以生产产品为主；各工业阀门使用厂家均需备 30%的产品。

工业阀门企业服务转型后：工业阀门生产厂家通过电子物联网云平台可以实时监测到阀门在客户现场的使用及故障情况，阀门出现故障时可以及时为客户提供维保、维修服务。同时，工业阀门使用厂家无需再提前购买备品备件，备品备件库直接由工业阀门服务企业建立并备货。

工业阀门生产厂家服务转型后的效益：



7.2.11 基于物联网信息终端的工业物联网大数据平台应用

应用领域： 新一代信息技术产业

应用场景： 物联网大数据，数据挖掘，智能服务

案例提供者： 江苏徐工信息技术股份有限公司 www.xcmg.com/xgit

（1） 客户需求和方案简介

徐工集团成立于 1989 年 3 月，27 年来始终保持中国工程机械行业排头兵的地位，目前位居世界工程机械行业第 5 位，中国 500 强企业第 150 位，中国制造业 500 强第 55 位，是中国工程机械行业规模最大、产品品种与系列最齐全、最具竞争力和影响力的大型企业集团。

徐工信息技术股份有限公司依托工程机械行业排头兵徐工集团，在大数据应用方案设计、落地、实施反馈等方面具有得天独厚的优势。随着信息化和自动化技术的飞速发展，工业大数据将成为制造产业革命的核心，无论是德国工业 4.0、美国工业互联网、中国制造 2025，在其发展规划中，大数据都是最强有力的驱动力。在此背景下，徐工信息依托徐工集团发展需求、自主研发了物联网信息终端及新一代工业物联网大数据平台，对中国工业大数据应用进行了深入探索。

（2） 具体解决方案介绍

（一）工业大数据之源-工程机械黑盒子

通过这些物联网智能终端，可以捕捉收集遍布全球的工程机械设备的的海量数据，并将这些数据准确传输到工业物联网大数据平台进行深度的数据挖掘与分析。

1.XCMG-SRC型 信息终端	2.XCMG-WLRC 型信息终端	3.XCMG-ERC型 信息终端	4.XCMG-BRC型 信息终端	5. 超长待机 信息终端
				
1) 功能项: 定位、CAN总线、异常报警、休眠、远程控制、盲区补偿、远程升级、工作时间统计 2) 适用项: 铲运设备、道路设备、筑路设备、服务车等普通设备	1) 功能项: 定位、CAN、RS485总线、异常报警、休眠、远程控制、盲区补偿、远程升级、工作时间统计、状态指示、蓝牙 2) 适用项: 徐工重型、徐工汽车、徐工挖机	1) 功能项: 定位、异常报警、休眠、盲区补偿、远程升级、工作时间统计 2) 适用项: 出口的、具有基本监控需求的设备	1) 功能项: 定位、异常报警、休眠、盲区补偿、远程升级、工作时间统计 2) 适用项: 国防专用工程机械	1) 功能项: 定位、异常报警、休眠、盲区补偿 2) 适用项: 泛行业

(二) 工业物联网信息服务平台

通过徐工信息物联网终端的安装，机械设备的实时位置信息可以在工业物联网信息服务平台上实时准确查询，用户可以通过平台看到每一台设备的实时位置等信息。设备位置异常时也会推送预警信息，实现客户对设备的精准监控，预防设备偷盗或冒用现象。



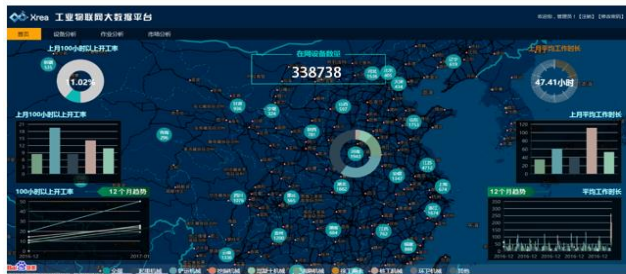
安装了物联网信息终端的设备运转信息，包括设备生产作业实时数据监测。而且，当车辆发生故障时，会自动对故障进行诊断分析，找到故障解决方案，协助售后人员及时赶到现场维修，提高售后服务质量。



（三）工业大数据-深度数据挖掘

通过数据挖掘，得到的设备在线数量分布、设备开工率分析、设备平均工时分析及设备

区域工作热度分析。可以对售后服务备件市场进行预测, 优化生产计划及库存, 指导企业进行精准营销, 精准服务。



设备在线数量分布



设备开工率分析



设备平均工时分析



设备区域工作热度分析

(四) 工业物联网大数据平台



工业物联网大数据平台具备全面的物联网设备接入功能, 高效的物联网数据处理功能,

灵活的物联网数据接口，多方位的物联网数据保护，丰富的物联网大数据分析能力。可以推动价值链整合与业务创新，是工业 4.0、工业互联网的共性基础技术，为工业企业提供工业物联网大数据整体解决方案。

（3） 方案实施后的价值或成果

徐工信息工业物联网大数据平台由底层设备、统一数据中心、以及大数据分析模块构成，该平台已经在集团内及外部市场成功推广，面对不同的客户，实现了从底层设备接入管理到工业大数据分析，未来随着产品的推广，可根据客户需求和前沿技术的发展继续丰富完善工业物联网大数据平台，保持平台的鲁棒性和技术先进性。

7.2.12 中国中车株所轨道交通大数据平台

应用领域： 先进轨道交通装备

应用场景： 大数据平台、轨道交通、生命周期、故障诊断

案例提供者： 中车株洲电力机车研究所有限公司 www.csrzic.com

（1） 客户需求和方案简介

中车株所轨道交通大数据平台，是中国中车旗下株洲电力机车研究所有限公司（以下简称中车株所）推出的面向轨道交通行业的大数据平台，平台关注轨道交通设备整个产品生命周期中各个时刻的状态和性能，从事后维修模式转化为预测性维修的方式，降低机车全生命周期的维护成本以提升经营效率，最终能够保证列车的安全运行，全面提升中车产品的竞争力。

（2） 具体解决方案介绍

中车株所轨道交通大数据平台解决方案主要包括了数据源层、数据采集和存储层、数据挖掘层和数据应用层，在数据源层中，包含传感器数据、存储在数据库中的设备历史数据和事件历史数据等结构化数据，也包含事件日志数据、传感器日志数据和视频数据等非结构化数据；在数据采集和存储层中，将完成数据的采集、治理和存储；在数据挖掘层中，针对故

障诊断和故障预测分别有不同的建模平台；在数据应用层中，列车的运营状态数据将以可视化的方式进行展示，并将故障诊断和预测结果直接呈现出来，便于甄别和维修，方案整体架构见下图：



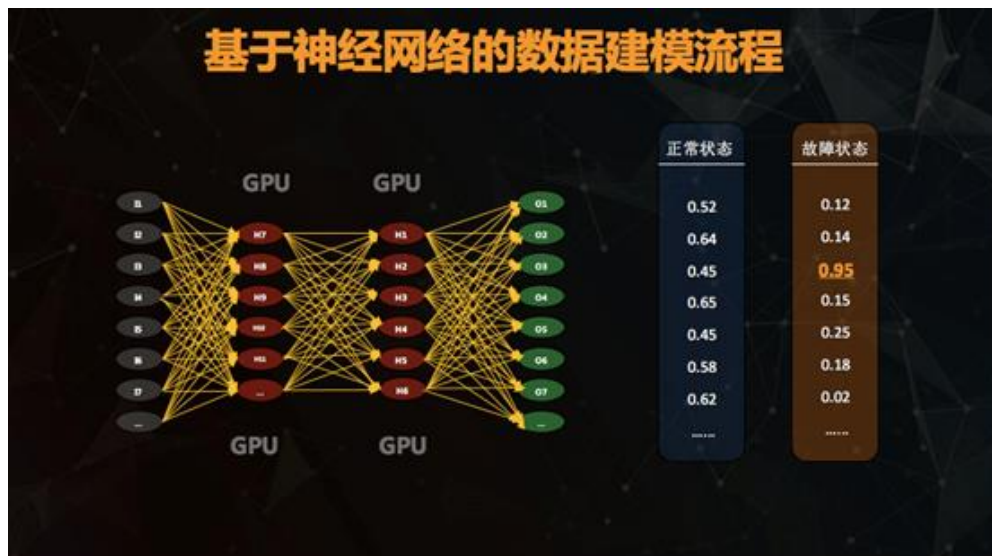
大数据故障诊断主要基于人工智能技术、专家系统理论，在已有故障案例标注的波形和故障码基础上，进行故障提取、模型训练和模型评估，最终形成能够进行并行计算的数据模型，具体建模过程参见下图：



在实际环境中部署完成，多维传感器数据送达后，通过数据模型能够自动地进行快速故障诊断、甄别故障类型。大数据故障诊断具备了及时、灵敏、误报和漏报率低、故障分离能

力强、故障识别度高、鲁棒性强、自适应能力强等特点。

大数据故障预测主要基于数据驱动故障预测技术，在获取大量各类传感器数据基础上，采用神经网络数据建模流程，通过深度学习的方法完成数据模型构建，整个过程参见下图：



在实际应用到环境中后，传感器数据通过故障预测模型能够给出各种故障状态发生的概率，从而确定故障类型，维修人员可以根据故障类型采取相应措施，保证列车的安全平稳运行，避免因故障导致的损失，提升整体效益。

（3）方案实施后的价值或成果

通过建设中车株所轨道交通大数据平台，为中车株洲所创造了如下价值：

1) 从列车运行海量状态数据中实时发现和排除故障隐患，避免引发安全生产事故，最大限度地减少停车或安全生产事故。下图为示意图：



2) 通过故障建模实现故障预测、变坏后修理转变为按状态维护, 实现预测性维护, 大大降低维修保养费用, 提升企业运营效率。

3) 易于扩展、成本可控、降低固定资产投入。

7.2.13 艾克威尔电机设备智能软起解决方案

应用领域：电力装备

应用场景：智能控制、机电一体化行业, 物联网、大数据+软启

案例提供者：联通系统集成公司江苏省分公司 www.si.cnc.cn

(1) 客户需求和方案简介

艾克威尔科技(Anchorwill)是专业生产电机软启动控制系统的厂家, 公司以其先进的技术、可靠的质量、多年的专业制造经验和优质的售后服务在行业上享有盛誉。

软启动技术是强弱电混合, 机电一体化的综合技术, 既要处理巨大电能的转换, 又要处理信息的手机变换和传输。因此它的共性技术必定是分成功率和控制两大部分, 前者要解决与高压大电流有关的技术问题和新型电力电子器件的应用技术问题, 后者要解决(基于现代控制理论的控制策略和基于智能控制策略问题)硬软件开发问题。

现有产品在软启动控制层面仍维持传统人工或机器介入模式, 缺乏智能化监测分析和故

障诊断告警机制，对于产品及流程的优化也缺乏整合性的数据支持。

方案简介：定位于机械设备的信息化，服务于后服务市场，聚焦软起、变频等艾克威尔优势行业。以工业自动化和信息化深度融合技术为核心，通过对接传感器与软起控制系统，采集软起工作数据，并通过物联网卡传输到后台，实现管理人员实时查看相关数据，进行分析，实现互联网+软起，达到提高行业效率，促进传统产业升级的目的。项目通过端、网、云构建互联网+软启平台，通过智能硬件、手机 APP 和云计算平台三大产品，以及移动办公、电子流程、大数据分析和人工智能 4 类技术，服务于软起后市场 5 个生命节点。

（2）具体解决方案介绍

以服务为主导，打造四大核心能力推动服务型制造转型。在 3-5 年实现互联网+软起 4.0 融合。



系统架构图

艾克威尔互联网+软起 1.0 阶段核心是故障实时报警，实现软起设备的故障及时告警，值班技术专家远程协助、远程查障等辅助厂家提升效率，掌控软起控制系统实时状态。通过感知层终端进行数据的初步收集，对企业的生产数据进行实时收集。

艾克威尔互联网+软起 2.0 阶段的核心是流程互联网化，软起系统智能化，软起自检、自

动化检验。

艾克威尔互联网+软起 3.0 阶段的核心是大数据驱动服务型制造，结合智能软起，实现大数据分析。通过对收集的数据清洗、建模、核算、分析，形成预警分析，问题分析等结果，运用结果进行产品线优化。大数据引导产品细化改进，技术突破。

艾克威尔互联网+软起 4.0 阶段的核心是全面的融合，实现软起从生产到销售到使用到售后全方位的融合。即全面收集产品生命全周期数据，从产品生产、销售、物料、服务等各方面收集数据，进行数据分析处理，通过数据流引导生产流，销售流。

项目通过互联网与软起后市场的融合，使软起制造业得到延伸，新的互联网+软起，提高了生产效率，降低了生产成本，同时也转变了销售模式，从单一的卖产品转向卖服务，提供更优质的后期服务。

（3）方案实施后的价值或成果

1) 对企业转型的作用

加快了企业向互联网+转型的进程，为公司注入了巨大的潜能，打破了原有的单一产品销售模式，最直接的效果就是利润的增加。

2) 社会效益

项目提升了企业的形象，提高了产品的质量价值，同时对于软起的数据采集和分析，使得软起能够更加稳定的运行，为使用软起的设备安全运营提供了强有力的保障。

3) 经济效益

软起生产过程中废品率有所下降，技术人员能够实时掌握生产状态，及时调整相关数据，修正偏离值。物联网的应用使得生产效率提升了 30%，大幅降低了公司人力成本，使得总体利润提高了近一半。互联网+的思想更加的深入制造业，艾克威尔也在积极推动软起巨头企业的转型。

7.2.14 基于工业大数据的发电设备全生命周期管理平台

应用领域： 电力装备领域

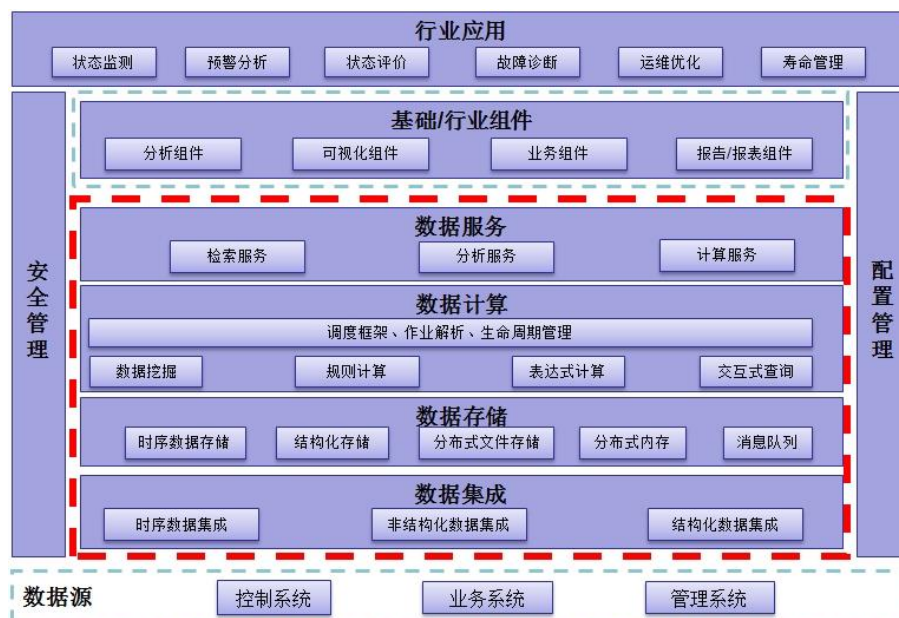
应用场景： 全生命周期，设备可靠性，电厂大数据，数据挖掘

案例提供者： 勤智数码科技股份有限公司 www.chinawiserv.com

国能科技 www.ce-joytech.com

(1) 客户需求和方案简介

关键设备全生命周期管理平台包含数据中心、大数据平台、行业应用三部分。数据中心建设内容主要实现电厂现场设备的数据采集与保存，包括平台的软、硬件环境建设，现场设备加装、数据接口开发，并对数据进行集中及分类展示。平台提供大数据层面的数据分析和能力，包括用数据中心的采集数据进行挖掘分析，支撑行业应用。行业应用是在业务层面抽象开发的能够满足特定需求的相关应用模块，例如状态监测、预警分析、状态评价、故障诊断等。



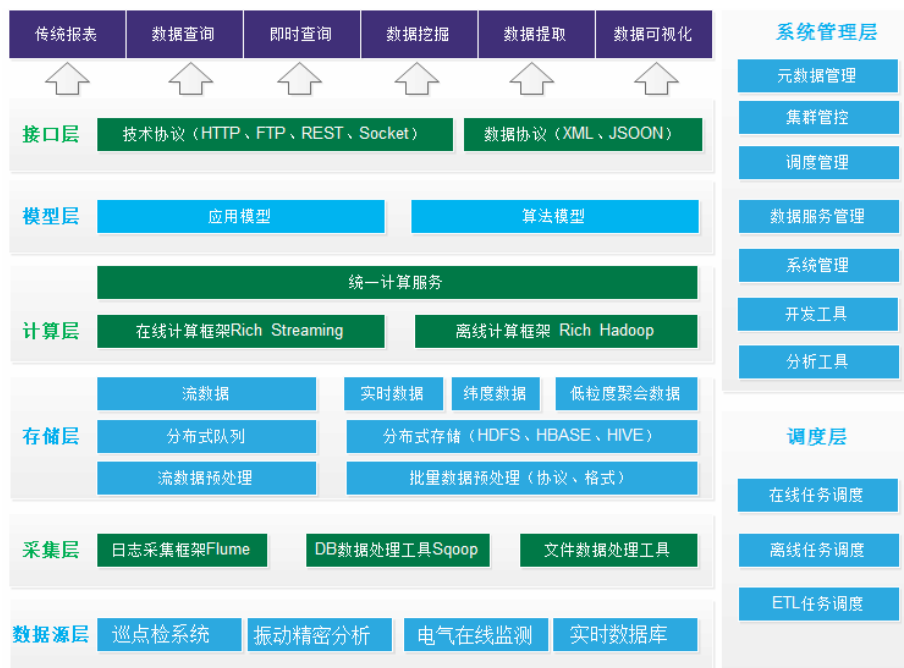
以四台总计 92 个试点关键设备、600MW 火电发电机组规模的 A 电厂为例，全生命周期管理平台实施周期为六个月，数据中心建设期 1.5 个月，平台搭设期 1.5 个月，行业应用部署

1 个月，试运行 2 个月。

电厂通过关键设备全生命周期管理平台实现关键设备的在线监控与故障诊断预警，减少非停次数，提高设备运行的可靠性与安全性；平台的建设方通过平台构建发电企业生态圈，打造典型行业应用服务，建成发电企业设备状态信息资源库，向发电企业提供必要的信息和应用以指导运行和检修活动，降低运行和维护费用。

（2）具体解决方案介绍

设备劣化预警应用是基于大数据挖掘分析的高级应用，是对设备阈值的动态管理、隐形故障早期征兆的主动发现、故障根本原因的数据影响推理、及故障间影响的关联分析。业务对象涵盖电厂三大主机及主要辅机，包含锅炉本体、一次风机、汽轮机本体、主蒸汽系统、发电机、变压器等。通过对设备海量历史数据进行挖掘建模，生成设备智能监测模型（包括预测模型、异常探嗅模型、状态健康模型）；实时运行中数学模型针对设备的每一个测点生成相对应的实时预测值；当设备偏离安全、经济运行区域时，预测模型将敏锐的扑捉到变化的大小和趋势；将异常信息及时记录并发送给指定人员，为设备的安全、经济运行提供早期故障原因分析和优化运行操作指导。



平台分为数据源层、采集层、存储层、计算层、模型层、接口层、调度层、系统管理层、信息应用展示层。

1) 数据源层：平台数据来源于现场的各类有效数据源，如巡点检系统、振动精密分析系统、电气在线监测系统、PI 实时数据库系统等。

2) 采集层：将发电单位相关的资产管理系统，实时数据库系统（例如：PI），以及点巡检和 TDM 等业务系统产生的实时数据和关系型数据，采用接口采集方式实现对底层系统生产过程和历史数据的采集。系统提供先进的数据集成方法，支持从厂级实时系统（PI）、企业信息管理系统等各种实时数据库、关系数据库等不同类型的数据库进行数据采集和合并。

3) 存储层：主要将数据采集层采集到的数据，通过统一时标、描述、分类处理后存储在诊断中心实时数据库和关系型数据库。在数据库的选择上选取在业内成熟使用且具备良好口碑的知名厂商数据库，实时数据库为 OSI Soft 公司 PI 实时数据库，关系型数据库选型为 Oracle 公司企业版数据库，大数据选型为分布式存储方式（HDFS、HBASE）。

4) 计算层：是以内存计算、流计算为核心，通过并发计算实现大设备量的实时推理分析和调度服务。

5) 模型层：在平台中固化标准的应用、算法模型组件，主要是进行监测及诊断业务处理。以数据存储层的数据为基础，通过平台应用模块将数据存储层数据转化为各子模块所需数据格式，进行相关业务处理。将处理后产生的中间结果发送到设备劣化预警应用处理和预警。然后将各子系统和核心诊断系统产生的分析报告和结果发送到数据展示层。同时预留可扩展的模型组件，方便用户自定义定制性的应用、算法组件。

6) 信息展示层：汇聚来自业务处理层各应用模块分析数据和结果数据。

（3）方案实施后的价值或成果

A 电厂部署关键设备全生命周期管理平台，运行一年前后数据对比：

- 主动检测率提高 90%-100%

- 先前不可预测的重大事故持续减少 41%
- 责任损害在 1 年内减少 30.23%

7.2.15 新能源光伏发电行业的大数据平台应用

应用领域： 节能与新能源汽车

应用场景： 智能互联，大数据平台，新能源，智能服务

案例提供者： 江苏中天科技软件技术有限公司 www.zttit.com

（1） 客户需求和方案简介

中天科技智能互联集成系统，是中天科技旗下江苏中天软件技术有限公司与中天光伏技术有限公司共同推出的面向新能源光伏发电行业的大数据平台，平台针对分布式、大型集中式、户用型光伏电站群，解决了光伏电站的集中监控、运维、管理、绩效评估、系统诊断、性能优化、气象监测、功率预测等在实际生产中面临的问题与难题，以及面对传统数据处理手段难以应对的多源性、高复杂、多元化、大容量、高时效数据处理需求。

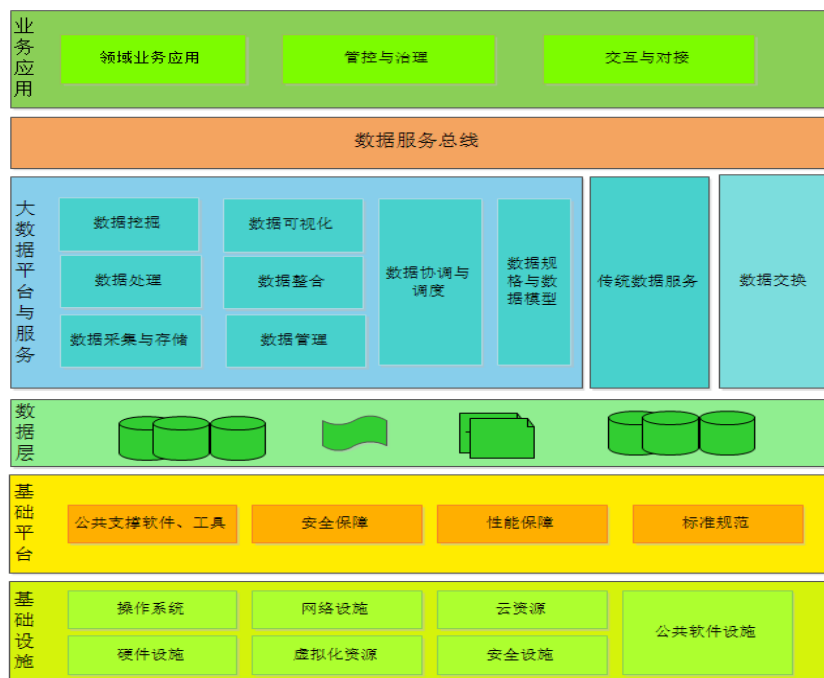
（2） 具体解决方案介绍

中天科技智能互联集成系统产品结构包括构建于中天智能互联系统基础设施之上的产品技术内核、服务平台及基于平台的应用群落。产品技术内核包括专有服务总线、数据服务、数据规格、数据采集、数据集中、实时技术、通信技术、智能组件、可视化技术等。服务平台包括智能互联服务、移动服务平台与电力负控平台三大平台。基于服务平台的应用包括 24 个应用模块或子系统、工具。



中天智能互联集成系统架构图

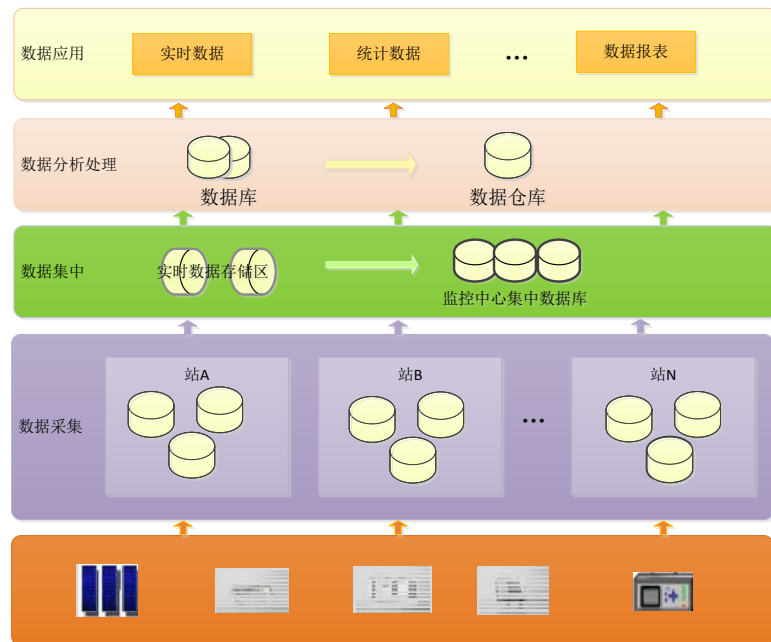
系统逻辑架构设计，如下图所示。



逻辑架构设计图

该部分的数据架构设计包括数据采集、数据集中、数据分析处理及数据应用设计，如下

图所示。



数据架构设计图

(3) 方案实施后的价值或成果

江苏某光伏电站接入我们平台一个月后，通过平台发现该电站多个汇流箱连续多天电流离散率异常，基本全天都达到 15% 左右，而正常离散率应该维持在 5% 以下。向客户通报此情况后，客户并不相信，认为他们安排的巡检维护很到位，不会有如此的问题。于是我们基于平台上的大量数据横向做了一系列分析对比，基本定位三方面问题：1、某区域长期遮挡；2、组件热斑、隐裂现象比较严重；3、组件自身衰减比较严重。带着这些结论，我们同客户共同到现场进行排查定位。第一个问题，发现果然部分光伏组件上有异物覆盖，导致组建温度异常，导致发电量下降；第二个问题，通过红外技术手段，发现部分组件受表面灰尘污渍的影响，局部产生热斑，导致发电量下降；第三个问题，通过进行衰减的拍照，发现部分组件衰减远高于平均水平。经过现场的勘察，验证了我们平台线上分析的结论，情况非常吻合。

目前我们提供的智能化服务，通过线上掌握的数据可以快速分析诊断，定位问题，帮助现场的维修维护人员更加高效的定位问题、解决问题。中天科技智能互联集成系统成为中天光伏的信息基础设施，迄今为止接入近百个光伏电站，未来会承担更多电站的监控、运维、

管理，及智能化服务，将在监测、运维、预测、决策支持、节能、诊断、调度支持、生产管理、科研、探索发现等等众多领域发挥日益重要的作用，创造更多的服务价值。

8 参考文献

- [1] 全国信息技术标准化技术委员会大数据标准工作组，中国电子技术标准化研究院编写.《大数据标准化白皮书（2016）》
- [2] 工业和信息化部，国家标准化管理委员会编制.《国家智能制造标准体系建设指南(2015 年版)》
- [3] 国务院. 促进大数据发展行动纲要. 国发〔2015〕50 号.
- [4] 工信部：冯飞. 各国正争抢制定工业平台标准[Z]. 2015-2016 中国经济年会；2016 年
- [5] 国家制造强国建设战略咨询委员会，中国工程院战略咨询中心. 智能制造[M]. 北京：电子工业出版社，2016.5.
- [6] HUANG J, U Y F, XIE M. An empirical analysis of data preprocessing for machine learning-based software cost estimation[J]. Information & Software Technology. 2015.67:108—127.
- [7] DAMA International. DAMA 数据管理知识体系指南[M]. 马欢，刘晨等译. 北京：清华大学出版社，2012.

注：本白皮书在制定过程中，通过大量的调研，并广泛征集了多家单位专家的意见。由于白皮书材料征集范围广，我们尽量将白皮书中引用的观点做出出处标注，如果有相似观点引用且未标明出处，请及时与我们联系反馈，我们会在后续的版本中做出更正，谢谢！