



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

垂直行业工业互联网实施架构白皮书

(讨论稿)

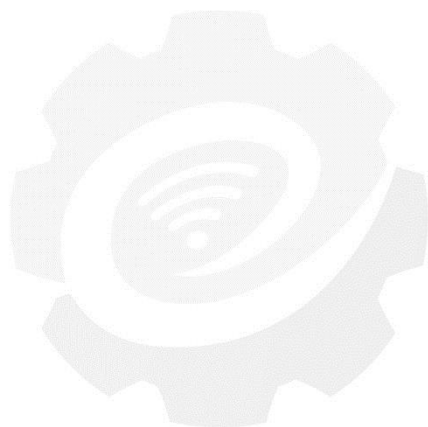
工业互联网产业联盟 (AII)

2018年2月



垂直行业工业互联网实施架构白皮书

(讨论稿)



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

工业互联网产业联盟 (AII)

2018年2月

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。



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

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aai@caict.ac.cn

目 录

1 垂直行业工业互联网总体实施架构.....	1
1.1 工业互联网实施架构背景.....	1
1.2 工业互联网实施架构定义.....	2
1.3 工业互联网实施架构在垂直行业的应用.....	7
1.3 工业互联网实施架构使用指南.....	8
2 轻工家电行业工业互联网实践.....	8
2.1 行业基本情况及生产特点.....	8
2.2 行业对工业互联网实施的业务需求.....	10
2.3 实施架构.....	11
2.4 细分应用场景一：用户交互体验.....	13
2.5 细分应用场景二：异常的及时响应和知识库.....	15
2.6 细化应用场景三：海尔互联工厂.....	17
3 工程机械行业工业互联网实践.....	19
3.1 行业基本情况及生产特点.....	19
3.2 行业对工业互联网实施的业务需求.....	21
3.3 总体实施构架.....	22
3.4 细分应用场景一：离散制造智能工厂.....	24
3.5 细化应用场景二：产品全生命周期智能服务.....	29
3.6 细化应用场景四：工业互联网+保险创新应用.....	33
4 电子信息行业工业互联网实践.....	36
4.1 行业基本情况及生产特点.....	36
4.2 行业对工业互联网实施的业务需求.....	37
4.3 总体实施架构.....	39
4.4 细化应用场景一：设备健康管理.....	40
4.5 细化应用场景二：人机协同一体化.....	43
4.6 细化应用场景三：生产过程质量追溯.....	45
5 钢铁行业工业互联网实践.....	48
5.1 行业基本情况及生产特点.....	48
5.2 行业对工业互联网实施的业务需求.....	49
5.3 总体实施架构.....	51
5.4 细化应用场景一：现场数据采集与边缘计算.....	55
5.5 细化应用场景二：轧机振动监测及抑振技术研究与应用.....	60

5.6 细化应用场景三：实施集成客户的制造工程.....	63
6 高端装备行业工业互联网实践.....	71
6.1 行业基本情况及生产特点.....	71
6.2 行业对工业互联网实施的业务需求.....	72
6.3 总体实施架构.....	72
6.4 细节应用场景一：社会化协同研发与生产.....	74
6.5 细化应用场景二：知识自动化.....	77
6.6 细化应用场景三：高端装备的预测与健康管 理（PHM）.....	80
7 结语.....	82
7.1 发现.....	83
7.2 建议.....	83
7.3 展望.....	84

前 言

企业加速大规模实施的工业互联网项目急剧增加了投入产出风险，也加剧了技术融合的复杂性、维护难度和持续性经费保障。企业高管们应该依赖本《工业互联网实施架构》指导落地实施工业互联网项目，以驱动业务转型与发展。

本白皮书定义了工业互联网平台的总体实施架构，并分别阐述了该架构在轻工家电、高端装备制造、电子信息、工程机械和钢铁行业的特别应用，通过在五大行业的不同应用场景的应用案例，详细描述了工业互联网平台在垂直行业领域的应用场景与实施案例。

指导编写单位：工业和信息化部信息化和软件服务司

牵头编写单位：海尔数字科技，中国信息通信研究院

组织编写单位：工业互联网产业联盟垂直行业特设组

主要编写人员：赵光、李胜民、丛力群、邓尧刚、文博武、曹凯、高峰、赵野、田洪川、蒋昕昊

编写组成员、单位：

轻工家电：

赵光（博士），海尔数字科技 CEO

李胜民，海尔数字科技 战略部长

官祥臻，青岛海尔工业智能研究院 智能制造服务总监

闫新华，施耐德电气（中国）有限公司 标准总监

史喆 北京天泽智云科技有限公司 解决方案副总裁

钢铁制造：

丛力群，上海宝信软件股份有限公司 技术总监、教授级高级工程师

迟京东，中国钢铁工业协会 副会长

陈国康，中国钢铁工业协会 信息统计部主任

符鑫峰，中国钢铁工业协会 信息统计部信息化处 副处长

董钢，首钢集团有限公司 副总工程师、教授级高工

封一丁，河钢集团钢研总院 正高级工程师、副院长

汝金同，南京钢铁联合有限公司 高级工程师

张吾胜，马钢集团企管部 正高级工程师/经理

高秀敏，本钢集团信息化中心 副经理。

高端装备:

柴旭东, 航天云网公司 副总经理、研究员
秦鹏, 中国航天科工集团 产业发展部主管、工程师
王恒, 航天智造公司 总经理助理、研究员
邓尧刚, 航天云网公司 工程师
曹凯, 航天智造公司、高级工程师
吴妍娴, 航天智造公司、工程师
石培昕, 寄云科技 CEO
王战, 索为系统 总工程师

电子信息:

高峰, 中兴通讯股份有限公司 标准总监
朱红军, 中兴通讯股份有限公司 技术总工
周嵘, 中兴通讯股份有限公司 部长
赵惟 (博士), 中国信息安全研究院有限公司、教授级高工
郝新兵, 中国信息安全研究院有限公司 高级工程师
赵野, 中国信息安全研究院有限公司 高级工程师
刘丰洋, 中国信息安全研究院有限公司 高级工程师
刘尊义, 施耐德电气(中国)有限公司 工程师
阎新华, 施耐德电气(中国)有限公司 工业标准总监
李凯, 施耐德电气(中国)有限公司 智能制造业务负责人
郑承斌, 富士康科技集团 资深总监
许雅宁, 施耐德电气(中国)有限公司 组长
赖峰甫, 施耐德电气(中国)有限公司 工程师

工程机械:

文博武, 树根互联技术有限公司 战略总监
贺东东, 树根互联技术有限公司 CEO
周颖, 树根互联技术有限公司 解决方案总监

总体:

余晓晖, 中国信息通信研究院 总工
朱敏, 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所 副所长
刘默, 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所智能制造部 主任
田洪川, 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所智能制造部 副主任
蒋昕昊, 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所智能制造部 工程师

1 垂直行业工业互联网总体实施架构

1.1 工业互联网实施架构背景

工业互联网项目的大规模启动与实施增加了探索工业互联网实施架构的必要性。工业互联网是面向制造业数字化、网络化、智能化的广泛需求，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、高效配置的载体。从前不久发布的《工业互联网平台白皮书（2017版）》，就可以看到，工业互联网的功能复杂，具体体现在三个层面：边缘层、平台层和应用层（图 1-1）。在实施工业互联网的项目中，以下几个因素的并发加剧了工业互联网实施架构制订的紧迫性：

一是工业互联网实施规模急剧增加，实施节奏逐渐加快。工业互联网产业联盟从 2016 年 2 月成立到现在会员急剧增长到 500 多家。大部分企业都从不同程度上开展了工业互联网相关工作，大量和快速的实施落地急剧增加了投入产出与业务价值的评估难度，也增加了技术复杂性和系统融合难点。从数字安全角度来看也增加了风险管控的强度。从可持续性角度来讲，物联网技术还没有成熟到物美价廉的程度。其相关硬件产品、软件平台和系统应用等的维护成本会成为大部分实施企业非常大的挑战。再者，工业互联网有关的标准协议、数据格式、考核指标等都快速演进。快速的进展和业务变化要求工业互联网的实施先驱企业们不断地更新解决方案来适应这些变化。



图 1-1 工业互联网平台功能架构

二是垂直行业实施零散化、范围广：从垂直行业横向的角度看，很多在轻工家电、电子产品、工程机械、钢铁生产和高端设备制造等领域的企业都支持针对不同用户群体和应用场景所投入的、相互独立的工业互联网实施项目。这些独立的项目在某个未来的时间点上需要总体实施架构来统筹、整合、持续演进和部署。从人才的角度来看，工业互联网的实施需要将不同行业和地区的人才组织在一个开放的知识框架内，使人才作为垂直行业工业互联网创新的核心动力之一，使跨地区、跨领域的创新型人才之间通过专业化、开放式的创新网络实现深度交互与智慧共享。工业互联网的实施架构能够让不同行业的人才看到自己的角度和位置，也为进一步提升指出方向。

工业互联网实施架构需要从以下几个核心问题角度提供战略性指导：

1. 工业互联网实施架构如何为企业提供框架模板，使工业互联网的实施与企业战略紧密对齐？
2. 如何以业务产出为驱动筛选出工业互联网优先应用的场景体系，使其投入和实施所产出的业务价值最大化？
3. 如何在工业互联网实施架构的指导下，将垂直企业单独部署的工业互联网项目拓展和融合达到行业甚至跨行业的规模化？

1.2 工业互联网实施架构定义

工业互联网实施架构：是以工业互联网的业务产出为驱动、为制造业企业实现数字化、网络化和智能化的工业企业架构 (Business Outcome Driven Industrial Enterprise Architecture or BODIEA) 。它是指导企业计划、部署和实施工业互联网功能架构的方法论。工业互联网实施架构基于工业互联网的应用场景，以制造型企业战略转型或过程生产结果为驱动，融合工业互联网技术架构、数据架构和安全架构为决策者提供可执行的解决方案建议。在实施架构的指导下，企业领导可以根据企业或行业的业务场景来调整工业互联网相关政策、战略、技术和项目以实现业务产出。工业互联网实施架构包含 6 个组成部分：（1）工业互联网的业务产出；（2）工业互联网应用场景；（3）工业互联网数据架构；（4）工业互联网实施功能架构；（5）工业互联网安全架构；和（6）工业互联网解决方案建议。其中，（4）和（6）在相应的白皮书中作详细解释。

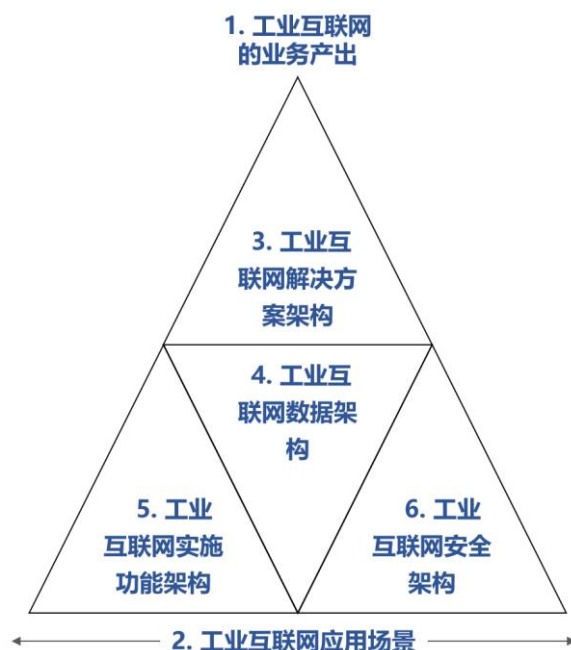


图 1-2 工业互联网实施架构

工业互联网的业务产出：基于工业互联网应用的业务产出有两大类：（1）提质增效新增长；和（2）业务转型新收入。当前大部分工业互联网的实施应用还属于提质增效类，而且这一类应用覆盖范围不断扩大，成为工业互联网应用的主要业务产出。比如从单一设备、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。在这个过程中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。根据机理及数据的不同要求，工业互联网的应用逐渐呈现差异化发展路径。其中设备、产品应用相对简单，机理较为明确，已可实现较复杂的智能应用，正步入决策性分析阶段，达到生命周期管理业务产出；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，当前从局部改进向系统性提升迈进，最终达到企业提质增效；产业资源的协同目前还没有成熟的分析优化体系，主要依托工业互联网平台实现资源的汇聚和供需对接，当前从信息交互向资源优化配置演进，以达到产业的高效配置。

而工业互联网的颠覆性应用是驱动制造型企业三化转型。不同于提质增效，工业互联网驱动模式转型的应用从技术颠覆和市场创新对企业的倒逼入手，快速熟悉掌握和熟练运营新兴的数字化、网络化和智能化技术，达到高效率、低成本的营运这些技术来应对市场的颠覆性挑战。比如说，企业利用工业

互联网可以融合智能产品和智能服务打造新的生态商务模式和创建新的生态营收现金流。制造型企业也可以跨业形成新行业和新生态。工业互联网驱动的新型业务模式要想盈利就必须做到低成本、高效率方法解决融合物理环境、通信、应用和数据分析的技术难点。

工业互联网应用场景：工业互联网应用场景总体来看有 5 大类：

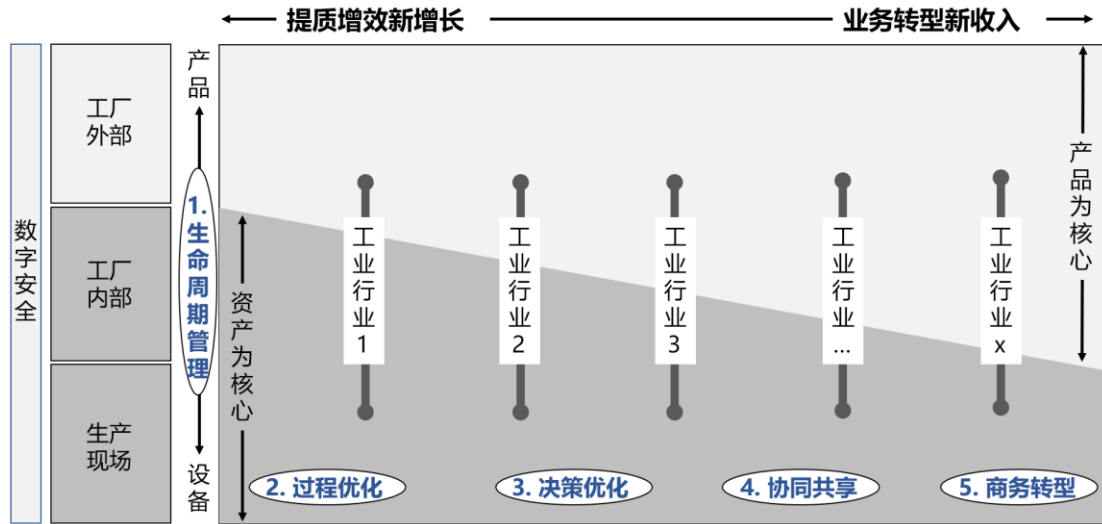


图 1-3 垂直行业工业行业主要业务目标与场景

(1) 生命周期管理：聚焦产品和设备全生命周期流程入手，在平台中进行设计、生产、服务等数据的集成管理和优化应用，尤其对产品和设备进行实时洞察和本地化操作，使其利用率达到最佳、风险控制到最小和体验迭代最快；

(2) 过程优化：聚焦在智能设备群、产线、车间等工业现场，通过对实时生产数据的分析与反馈来对整个生产过程进行优化；

(3) 决策优化：聚焦在企业运营层面，利用工业互联网平台来打通设计、管理、供应链等各环节数据，并基于大数据挖掘分析实现管理决策优化；

(4) 协同共享：聚焦在产业层面，将供需信息、制造资源、创新资源汇聚到平台中，通过基于数据分析的重新组织，实现资源优化配置与协同，产生新行业、新模式和新营收；

(5) 商务转型：聚焦在应用工业互联网驱动企业整体商务转型，包括工业互联网能力输出、物联商务新模式所产生的新营收和新盈利

工业互联网解决方案架构：工业互联网解决方案架构用于指导行业和企业根据业务结构来设计、开发、配置和共享各类分项解决方案的范围和套件。这些分项解决方案套件包括三个方面：(1) 可配置的组件，包括硬件基础设施、

软件平台、软件应用、用户网络资源、数据包和算法模块等；（2）可配置的技术，包括物联网技术、操作技术、信息技术、数据科学和互联网技术；和（3）可配置的场景范围，包括生产现场、工厂内部、工厂外部甚至行业间的资产配置、过程优化、决策优化、产品和设备的生命周期管理以及业务模式转型的各类工业场景范围。从这个角度来说，大型先导企业的工业互联网解决方案架构对行业 and 中小企业工业互联网的实施尤为重要。不同垂直行业和企业业务产出和场景决定了工业互联网解决方案架构的配置和内容。工业互联网解决方案是演进的领域。目前认识到的工业互联网解决方案分 6 大类：资产配置、过程优化、决策优化、商务转型、生命周期管理和数字安全。如图 1-3 所示。

工业互联网数据架构：工业互联网的信息架构为企业或行业实现战略转型或提高生产效率鉴定必要的数据与信息种类和分析方法。工业互联网信息架构主要用于指导生产现场、工厂内部和工厂外部如何计划和部署工业信息的生成、收集、筛选、安保、查询探访、分析、应用、连接交换、变现、归档和演进的整个生命周期，使得工业信息成为实现业务产出最大化、规模化的燃料。工业互联网的信息架构包含广泛数据领域，如工业物联网数据、工业生产操作数据、供应商数据、用户数据和企业数据等。其中企业数据包含财报数据如营收和成本、投入和产出。这些数据把生产现场、生产过程和业务产出有效地关联起来，为财务投资部门提供财务分析的重要内容与手段。

工业互联网实施功能架构：工业互联网实施功能架构是业务产出驱动的、为实现工业互联网功能的技术实施架构。它为工业互联网技术基础设施在开发中不断适应技术发展和业务变化需求而提供纲领性指导。工业互联网实施功能架构具体包括鉴定不同核心技术及其应用的场景、复用标准、实施方针、单件实施和配套实施方案、支撑性技术、政策和标准等内容。从实施功能上来看，工业互联网技术架构必须保障技术基础设施，使工业企业生产现场、工厂内部和外部得以有效连接，以实现设计、生产、管理和服务等不同环节的数据采集、集成、分析和应用，形成各类智能化应用服务，并能够借助工业微服务、图形化开发环境等方式进行工业经验知识积累、沉淀和复用，从而实现在服务水平、商业模式和生态构建等方面的跨越式提升。

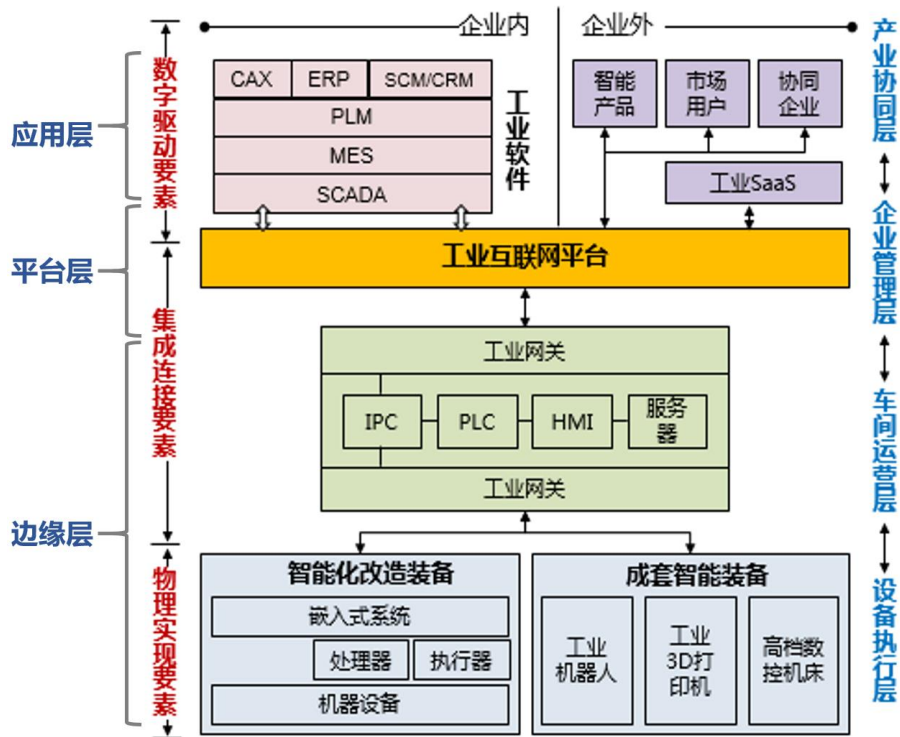


图 1-4 工业互联网技术架构

工业互联网实施功能架构实现了层级之间打通、内外网融合，并最终演变为边缘层、平台层和应用层三层，同时端到端的安全体系贯穿三层架构。在边缘层的网络互联方面，各种智能装备及第三方系统实现充分网络化，无线成为有限的重要补充，新型网关推动异构互联和协议转换，工厂与产品、外部信息系统与用户充分互联；平台层的数据智能方面，工业云平台成为三层架构的关键核心，实现工厂内外部数据的充分汇聚，支撑数据的存储、挖掘和分析，有效支撑工业信息控制系统和各种创新应用；在安全保障方面，各种安全机制与工业互联网各层深度融合，实现纵深防御、立体防护，通过多种安全措施保障网络互联和数据集成安全。工业互联网总体功能架构目标的实现是一个长期迭代完善的过程，需要网络、平台、数据、安全同步的推进。

工业互联网数字安全架构：工业互联网数字安全架构指导企业安全部门如何与专职安全人员合作一同管理工业互联网的安全风险。工业互联网数字安全涉及到物理、电子、企业、合作方、员工和用户在生产现场、工厂内外的场景。工业互联网的大面积实施会连接海量边缘层的智能设备和智能产品。这些边缘层的端点设备如何数字安全防范设计与部署不完善，很容易形成通过物理介质的数字安全漏洞，给网络攻击产生机会，可能造成人员、环境的伤害。工业互联网数字安全架构通常包括数字安全评估、高危基础设施清单、详细的内部审计和分析流程

和设立工业互联网数字安全岗位职责等。

1.3 工业互联网实施架构在垂直行业的应用

《垂直行业工业互联网实施架构》工作组针对不同行业的业务产出、不同行业的工业互联网应用场景、不同行业的生产特点和行业对工业互联网的不同功能需求等开发、总结了一套垂直行业工业互联网实施架构体系，包括设计思路和重点。图 1-4。

参加本版《垂直行业工业互联网实施架构》开发的从钢铁制造、高端设备、工程机械、电子产品到轻工家电共 5 个行业和 16 个企业。从利用物理资产和操作技术的比重来看，五个行业可以化分为两组。需要说明的是，两组行业的产品和设备生命周期管理几乎同等重要。

(1) 以提质增效为业务产出、聚焦过程优化和决策优化为场景的钢铁制造、高端设备和工程机械行业；本组工业互联网实施架构偏重于生产现场的边缘层和工厂内部的平台层。实施功能架构、数据架构和安全架构都偏向以物理资产为核心。

(2) 以业务转型为业务产出、聚焦协同共享和商务转型场景的轻工家电和电子产品行业。本组行业的工业互联网实施架构更偏重于工厂外部的应用层和工厂内部的平台层。实施功能架构、数据架构和安全架构更偏重于工厂外的生态系统搭建和营运。

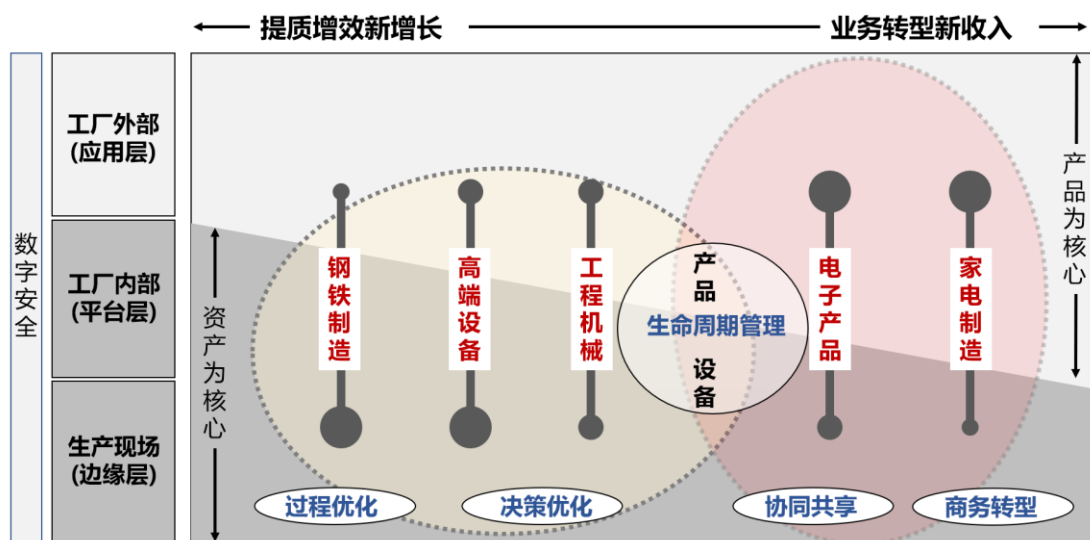


图 1-5 工业互联网实施架构设计思路于重点

但是由于同一个垂直行业内的每个企业在业务范围和模式上有较大的差异，所以企业在落地实施的过程中，业务产出、业务场景可能相互穿插，没有明显的

特征，相应的工业互联网软件平台、软件应用、硬件和算法可能也相互覆盖。 ，技术与系统的复杂性千差万别，设备的协议与标准不尽相同，相应的供应商能力与被淘汰率也不一致。 以至于垂直行业的各个工业互联网进化进度和商务模式都有所类似和差异。

1.3 工业互联网实施架构使用指南

《垂直行业工业互联网实施架构》可以帮助制造企业的工业互联网战略规划、企业架构和技术团队用于计划和实施工业互联网项目。特别是针对如下项目实施：

- 工业互联网基础设施建设：如果企业需要设计和部署与行业有关的工业互联网基础设施，可以参照本架构的垂直行业的具体应用。尤其对聚焦在“提质增效”型工业互联网部署，本实施架构提供了

- 工业互联网子模块的实施建设：本实施架构作为启发性的指导，可以帮助企业探索工业互联网相关子模块的建设。比如企业聚焦在应用层的建设，可以参照轻工家电的案例实现资源的协同配置和商务转型的业务价值。

- 工业互联网实施架构的相关培训：垂直行业企业架构和技术培训部门可以利用本实施架构作为教育材料，使企业有关工业互联网实施部门有效地将工业互联网的实施与业务结果和业务场景有效地对接起来。

2 轻工家电行业工业互联网实践

2.1 行业基本情况及生产特点

家电业是中国民族企业的骄傲，是中国市场上少数几个有定价权的行业。“十二五”时期，中国家电业取得了长足的发展与进步。尽管 2015 年主要产品销售增速放缓，但家电消费升级态势良好。企业以创新为突破口，加大研发投入，践行《中国制造 2025》，通过产业结构调整、产品结构升级、销售渠道变革，转型升级健康发展，经济运行质量明显提高。

2015 年，家电业规模以上企业总数 2702 个，家电业的从业人员在 2011 年峰值时期一度达到超过 137 万人。随着工业自动化水平迅速升级，机器换人日益普遍，生产效率提升，用工人数逐年下降。近年全行业减员增效继续，主流企业减员幅度约 5%~8%，全行业接近 5%，2015 年全行业从业人员约 115 万人。

2016 年，家电业完成主营业务收入 1.46 万亿元，比上年同期增长 3.78%。“十二五”时期，家电业经济效益始终保持高于主营业务收入的增长速度，经济效

益明显提升，转型升级成效显著。

整个家电行业运行特点体现在以下 5 方面：

一是产业结构迅速升级。家电产品结构不断升级，产品档次进一步提高，各类大容量、变频、智能、健康产品不断涌现，努力满足消费者不断变化和升级的需求。厨房电器和小家电产品结构升级显著，呈现同样的高端化趋势。

二是研制投入加快，企业自主创新能力大幅提高。2016 年家电内外销市场均面临一定压力，但行业总体实现小幅增长，尤其是行业龙头企业，整体表现优于行业平均水平，海尔、美的、格力营业收入增速均超过两位数。原因在于，核心企业保持持续研发投入，努力打造长期可持续发展的竞争优势。主要家电企业仍然顶住压力继续保持对研发的高投入，一方面对生产线进行（优）化改造，提升生产效率；另一方面，进一步完善自身研发体系，站在全行业、全世界的高度规划未来，加大对基础技术、前沿技术的投入和研究，加大对高素质人才的积累，加大对全产业链创新资源的整合，努力改善用户体验，拓展新业务成长空间。2016 年仅 35 个家电相关上市企业研发投入合计超过 240 亿元，同比上年增长超过 80%，高于营业收入增长速度超过 20 个百分点。其中青岛海尔、老板电器、爱仕达、天际股份等，研发投入增速较高，在 30% 左右。

三是运营模式不断创新，线上渠道快速增长。为适应市场快速变化及传统营销模式失效的风险，海尔、美的等家电核心企业颠覆以往大规模制造、大规模压货、大规模销售的营销模式，重构以市场需求为中心的客户订单式产销模式，已经开始收到成效。家电企业的销售渠道实现了多元化突破。线上业务快速增长、线下推进 O2O 转型，线上线下融合、微店等新渠道方式不断涌现。线上渠道销售强劲，2016 年家电各品类（不含彩电）合计线上销售额增长 20.8%，全行业合计线上销售额占市场销售总额的 24.9%。

四是制造技术加速升级。2016 年，家电行业努力通过提升生产工艺装备的自动化、智能化水平，努力提升精益制造管理能力，挖掘生产效率提升的红利，制造技术进一步升级。截至 2016 年，家电行业已有海尔、长虹、创维、美的、海信、海立、九阳、老板（等）8 家企业先后成为工信部“智能制造综合试点示范”项目。到 2017 年底，海尔已建成 9 个数字互联智能工厂，整个生产过程可以保证运行时间缩短 50%，半成品库存减少 80%，用人减少 85%，最终实现产能效率翻番。截至 2016 年，美的空调智能制造累计投入 10 亿元，拥有机器人 562 台，

减少人工 2.2 万人，平均自动化率达 16.9%，效率提升 195%。老板电器建成年产 225 万台厨电产品数字化智能制造基地，通过设备自动化、物流自动化、产品设计数字化，以及信息化管理，生产效率提升 30%，制造周期缩短 30%，节省人工成本 30%，产品品质一次优良率提升 20% 以上。

五是家电智能化趋势明显。智能家电两大特点：一是通过软件技术完成整合、协调，各种智能产品互联互通不孤立；并依托云计算和大数据集成智能产品，实现人和产品之间、产品和产品之间的交互，最终构建一体化的智慧家庭；二是紧紧粘合消费者的细节需求、情感需求、关爱需求等等，从而提供可以无限延伸的、个性化的服务。但是现在涌现的智能家电还只是在控制智能化上做文章，有些智能家电产品的设计甚至不是出于对用户需求的真正考虑，而是对现有产品的拼凑，以至于许多智能家电产品基本的操作设置不够人性化，基本不具备灵活的远程控制、基于大数据的智能分析以及通过改变人们的生活方式实现低碳、节能、舒适的能力，而这三点恰巧是追求智能化的企业需要建立的核心。提高家电产品的智能性还需要家电企业连同产业链上下游伙伴在技术研发方面进行更深入的探索。

2.2 行业对工业互联网实施的业务需求

家电行业发展到现在，随着新一代信息技术的不断成熟和应用以及新的商业模式的成功演变，行业产品对工业互联网有着以下几点需求：

一是产品智能化需求。通过硬件的升级和软件技术完成整合、互联，是各种智能产品互联互通，并依托云计算和大数据实现人和产品之间、产品与产品之间的交互，最终构建一体化智慧家庭；再者通过与消费者的持续交互，不断结合消费者细节需求、情感需求、关爱需求，更新迭代产品功能，为消费者提供个性化、贴心的管家服务。

二是广泛联结的需求。智能家电的互联互通包括智能冰箱、洗衣机、电视、空调等各类家电产品能够通过互联网相互联接，包括通过移动互联网、PC 互联网对其进行整体控制与管理，并且家电产品自身与电网、放置的物品、使用者等能够物物相联，通过智能感知，达成人们追求的低碳、健康、舒适、便捷的生活方式。

三是大数据挖掘应用的需求。数字经济是一个以数据驱动的满足消费者新需求的时代，移动化、数字化、社交媒体、物联网技术、云计算、人工智能捆绑发力引发的技术趋势，彻底颠覆了人们的生活和消费方式，用户需求变得更加个性

化，用户表达的社交平台更多，用户活跃度显著提升，用户需求数据变得可视化与量化，消费者从以前的被动接受服务的角色逆转成为需求的主动提出者。

家电行业的大数据主要分成四大板块：一是交易数据，即销售的结果，终端交易的数据；二是交互数据，包括在物联网、互联网、微信、微博、社区等地方每一个用户与智能产品、用户和消费者都在不断发出声音和不同领域交流互动，形成交互数据；三是行为数据，即消费者想买什么，想看什么，想听什么，它的过程是什么；四是运营数据，即企业运营过程中产生的数据。只有将这四种不同类型的数据准确并有效地融合在一起，才能真正体现大数据技术的增值价值，才能有效地预测未来并服务于企业各项决策。

四是用户参与全流程交互和体验的需求。大部分家电行业产品的最终用户是消费者，消费者的使用体验和对产品的评价将直接影响家电产品的市场生命力。鉴于此特点，家电产品全生命周期中的两大场景将对工业互联网有着迫切的需求，一是消费场景，即家电产品到消费者手中以后消费者使用家电的过程，二是生产场景，即消费者的订单进入生产环节直到产品生产完成并送到消费者手中的过程。这两个场景都需要重点考虑终端用户的消费体验和对产品的评价。

其中消费场景中又有诸多消费者与产品的互动的细分场景，比如消费者个性化使用偏好场景，消费者在产品社群中参与产品互动的场景，产品的维修服务等。以上场景实现的前提是产品需提供与用户交互的入口，同时产品本身需要具备边缘计算及通讯的能力。

生产场景包含诸多复杂的生产环节，如产品的模块设计及供应、产品的制造、产品的物流等。若要增加终端用户对生产过程透明感知的良好体验，就需要对生产的各个环节开放。反过来讲倒逼生产每个环节现场设备的联网、生产数据的采集和打通、生产流程的可视化，同时保障各个环节信息安全。

2.3 实施架构

家电行业工业互联网跨越工业物联网、商业物联网和消费物联网。业务焦点是用户体验、生态服务与提质增效。家电行业有两大通用实施场景的需求：（1）单场景智能端产品或智能端设备的智能服务与用户体验迭代；和（2）多场景系统融合智能工厂提质增效解决方案。基于家电行业的这两大类业务场景需求，在工业互联网目标实现架构的指导思路下，轻工家电的总体实施架构如下：

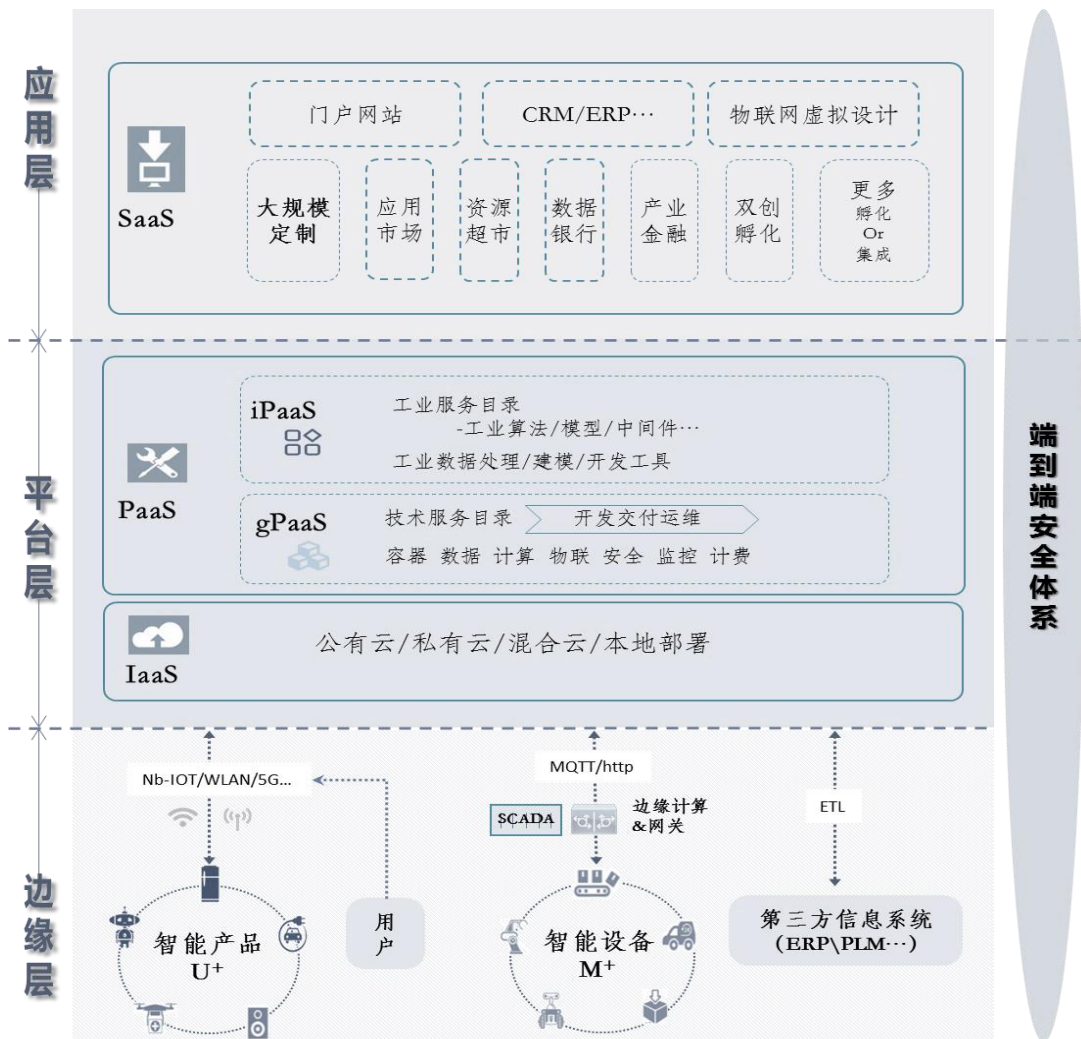


图 2-1 家电行业工业互联网实施架构示意图

家电行业工业互联网总体功能架构分三层。

边缘层包含工厂内部实现智能制造的各类现场设备、零部件以及在制品，各类工业控制系统如 PLC、SCADA 等，具备边缘计算的内部网关，工厂外部具备物联功能的智能产品、用户和第三方合作企业，它们分别通过不同的数据传输协议将数据上传至平台层。

实施架构中最复杂的是智能数字化平台总枢纽，包括 PaaS、SaaS 和 IaaS 的部署。PaaS 是面向开发者的服务，提供计算资源、运行依赖环境、开发体系、部署工具、监控与告警等能力，帮助开发者更快更好的（地）开发和运维软件服务，它在实施中至少包括四个部分，包括开发平台、标准接口、标准模型和定制服务。其中，开发平台是为开发者营造一个高效、便捷、安全、友好的开发环境，包括开发框架、服务管理和控件；标准接口有设备连接接口、既有系统连接接口和接口安全管理；标准模型是平台在轻工业领域沉淀下来的通用模型，有设备连接模

型、设备画像模型、ISA-95 模型及通用组件；定制服务就是针对轻工家电特有的平台服务，有 B2B 的交易组件服务、大数据套件服务等。IaaS 层为平台提供了资源池，包括计算资源、存储资源、网络资源和安全资源等，并提供 APIs 和入口由 PaaS 层按需调用，IaaS 的实施主要是数据中心的建设（或租用），然后是数据中心平台的搭建、灾备的建设、运维的建设和安全建设。

应用层 SaaS 根据轻工家电的特点和需求部署大规模定制类、资产管理运营类、产品增值类和体验迭代类四类应用。其中，大规模定制类聚焦在提高轻工家电工厂内生产效率的提升、生产成本的降低，实施起来可根据需求从产品全生命周期的 7 大环节切入，按照实施架构的细分模块逐一实施；资产管理类应用的实施根据需求利用资产生命周期的数据进行数据挖掘，并将算法和模型封装部署；产品增值类应用的实施通过产品的物联进而挖掘新的功能或增加用户新的体验；体验迭代旨在吸引用户参与产品生命周期的各个环节并产生持久性的交互，如社群交互、定制研发等应用的部署。

端到端安全策略的实施渗透在各个层的具体实施框架中，工业领域安全防护采用的思路是分层分域的隔离和边界防护。工厂内外网之间采用防火墙、VPN、访问控制等边界防护措施保障工厂内网安全。工厂内部的企业管理层通常采用权限管理、访问控制等防护措施。企业管理层与生产控制层之间通常采用防火墙、网闸等隔离设备进行物理隔离，通过白名单的方式对工业协议如 OPC-UA 等进行过滤。

2.4 细分应用场景一：用户交互体验

应用场景描述

用户交互体验是产品在送装至终端用户手中后的使用过程中通过与用户进行频繁的交互，持续的了解用户个性化信息，不断为用户提供贴心、个性化的服务，最大程度的提高用户的使用体验，进而让用户持续、深度的参与到以产品为载体的社群生态，为产品的迭代贡献最真实的意见和创意，最终达到用户、企业及生态圈的攸关方多赢的结果。

以产品为载体，通过产品的物联网功能为用户提供交互接入的入口。通过入口用户可进入与产品本身的交互系统和以产品为载体的用户社群平台。产品本身交互系统为用户提供产品自身的相关参数数据和工作运行的数据，能为用户的维修保养提供主动性的建议；同时该系统还为用户延伸提供与产品功能相关联的上

下游功能或生态资源。

产品体验增值场景的边缘层需要把产品自身数据和与用户交互产生的数据通过数据采集装置采集并存储，若功能较复杂的产品则需具备边缘计算的能力和本地存储的能力，本地实时计算分析后直接产生可视化结果与用户进行交互。不需要实时计算的数据则通过产品上的通讯模块将数据传输至云平台，云平台通过约定协议解析并存储。云平台根据需要部署大数据架构，数据根据应用场景的需求应用不同的算法和模型进行计算分析，结果通过 APIs 或直接通过应用层 APP 展示。平台层还需具备第三方生态伙伴数据接入的能力，具备友好的开发者开发环境和所需的开发工具。应用层为用户提供完整解决方案的 APPs，包括社群建设 SDK 和套件，行业 APP 以及其他行业应用。

实施案例：海尔贝享孕婴空调

在空调的用户群中，母婴群体对空调的性能反应是最敏感的，也是要求最高。在各大社交媒体与空调使用及母婴健康相关的板块中，散布着众多用户的吐槽与创意话题，如夏季空调的舒适性、空气净化功能、空气加湿功能、智能调温、柔和风等多达 350 万条精准话题曝光。家电的社群平台运维人员发现以上话题讨论后便对用户的社交数据进行归类、分析，并与用户进行深入的引导互动，同时有超过 21.5 万条孕婴妈妈的创意交互。在孕婴妈妈的创意交互过程中，社群运营人员将引导不同专业的在线设计师进行在线方案设计，在 5000 多名注册设计师中有 35 位设计师参与与用户的交互设计，同时又（有）6 家模块商同时提供技术支持。经过了用户、在线设计师、模块商 4 次的体验迭代，195 天的交互、设计、研发，最终形成了能解决社群中大多用户痛点、满足大多用户需求的贝享虚拟空调。虚拟空调在社群中发起预约预售活动，短短几天内预约用户达到 2000 台。海尔 COSMOPlat 贝享空调平台经过产销成本核算决定开模生产。产品在生产过程中，预定用户可全流程跟踪空调生产进度及各生产环节的详细信息。产品生产完成下线后，通过物流将直接送达用户家中，实现产品不入库。



图 4-2 海尔贝享空调用户交互迭代示意图

贝享空调的用户在收到产品使用的过程中，空调将持续的采集自身的工作数据，包括耗电量、工作时间、工作的模式等，这些数据将通过用户家中的无线网络发回到海尔 COSMOPlat 企业云平台进行用户空调使用行为画像。同时用户在使用过程中也会在社群中不断交互使用体验及心得。通过用户社群数据及空调回传的传感器数据分析，静音的功能是用户需求最大的新功能，于是在线设计师针对此功能有（又）开始了新一轮的升级迭代，最终交互产生了第二代静音空调。

2.5 细分应用场景二：异常的及时响应和知识库

应用场景描述

轻工家电行业为了保障生产端的增值工作时间，所有的制造运营都是以生产线的高效持续运行为目标。建立一种在现场发生任何人、机、料、安全、质量、工艺等异常的情况都能够被及时响应，并且响应过程和处理过程能够被结构化的记录，形成知识库，知识库可以为下一次发生同类异常现象提供快速解决方案，同时，还需要能够自动分析异常发生频次，指导决策人员通过改善项目，持续优化异常发生的频次和间隔时间，达到通过科学决策减少生产异常造成对效率影响的目的。

由于需要结构化的记录响应过程和处理过程，通过传统的手机、对讲机交互后再进行记录显然会把时间浪费在记录上，也不便于以后的查询和因果资产的积累，微信等方式也不是适用的解决方案，同时，因为响应过程需要现场作业，也希望通讯的设备最好能够穿戴而不影响肢体作业。

综合考虑，采用 RFID 对人员和响应过程进行记录比较方便，通过智能手表作为通讯工具更适合信息的传递和方便作业人员作业。不同专业支持人员接班时

佩戴手表，领用手表时通过刷 RFID 工卡与对应手表绑定，现场发生安全、设备等异常通过安装在工位旁边的 E-Andon 现场交互终端触发相应分类的支持请求，相应工位和相应的分类绑定对应的支持人员，手表推送异常发生的位置、现象、触发人员等，支持在规定时间内赶到现场，在终端上刷卡，确认异常开始处理，处理完成后支持人员再次刷卡，响应完成，新的异常或新的处理方式后台推动一张工单给支持人员，支持人员在办会室终端记录异常现象、处理过程、更换备件、分析报告等，记录后会进行相应分类的知识库，在下次发生相同现象时终端会自动显示这条记录，通过累积，不断优化知识库，经过一段时间的积累，知识库即可发挥处理指导的作用。触发方式也可通过对设备的数据采集进行自动触发。

应用场景的实施架构

用数字化方式实现应用场景采用如下架构：

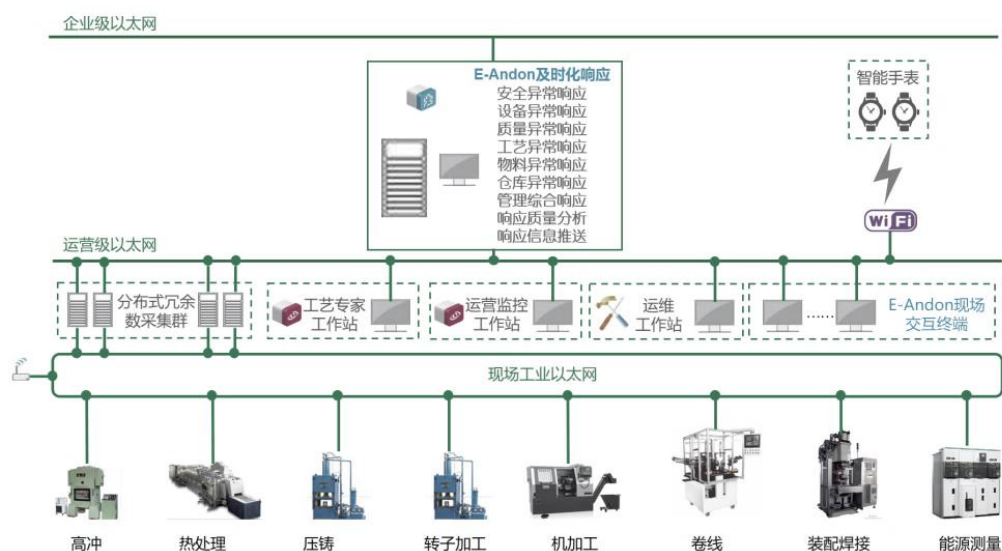


图 4-3 异常的及时响应场景实施架构

最底层是现场级，是互联互通的设备，分布式冗余数据采集群通过工业以太网以相应的规约进行数据采集，对一手数据进行边缘计算和筛选，根据信号和参数的变化分发相应数据到对应的现场工作站，进行现场运营级管控分析，当相应专业设定的限值被超出即自动触发 E-Andon，由 E-Andon 及时化响应服务器自动处理相应过程，同时，E-Andon 现场交互终端触发的信息也由及时化响应服务器进行处理。

及时化响应服务器根据模型设置和人员与手表绑定的信息，推送相应分类的响应请求给对应的手表，手表支持 WIFI 或 4G 接入，通过网络获取请求信息。

现场交互终端设置有刷卡器，支持人员的响应到岗等信息以刷卡时间为准。

所有记录信息通过 E-Andon 及时化响应服务器进行记录,并分类后存入知识库。

实施案例:施耐德工厂生产异常的全数字化及时响应

施耐德工厂将 E-Andon 系统应用于工厂的异常响应管理,并将 E-Andon 系统部署于工厂数据中心的虚拟服务器上,实现了异常响应过程的全数字化管理。在实际应用中,施耐德工厂已经实现异常响应的 1 分钟到岗响应,如果 1 分钟未响应,自动升级到主管工程师,最长 15 分钟未响应工厂总经理即收到信息进行介入。并且,整个响应过程和处理过程被完整记录,通过对记录的自动分析,施耐德工厂已经累(计)实施近千个改善项目。随着知识库的不断积累,工厂因果资产的管理快速提升,异常响应处理时间有效降低,同时,也促进了工厂 TPM 水平的进一步提高。

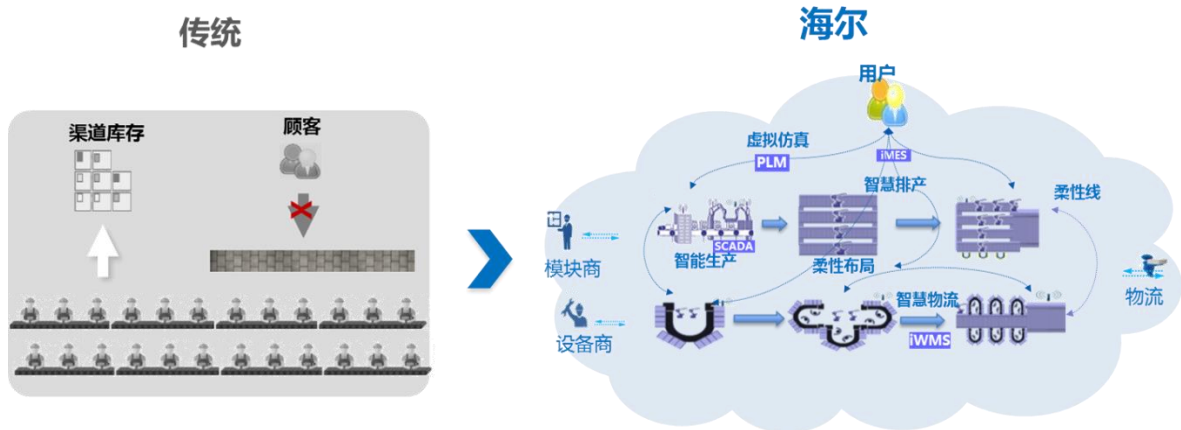
2.6 细化应用场景三: 海尔互联工厂

应用场景描述

海尔通过 10 年的持续探索实践,构建了以用户为中心的互联工厂模式。互联工厂最重要是和用户互联融合,无人工厂是工业 3.0,属于自动化范畴。自动化只解决了高效问题,可以使大规模制造变得速度更快,但现在要的不光是高效率,要的是高精度。如果不能够精准对准用户,这个高效率没有用。如果生产出来的产品给谁不知道,本来生产 1000 台现在生产 2000 台,有多大作用呢?都堆在仓库里边。所以说现在从原来的自动化线大规模制造变成高精度的大规模定制,这是完全本质的不同。怎么做到的?核心就是围绕用户互联建立了一套全流程全周期互联互通的开放生态资源体系,构建了支撑智能制造的新技术模式管理能力——COSMOPlat 互联工厂。

实施案例: 海尔 9 大互联工厂

智能制造通过 COSMOPlat 的端到端的信息化融合,实现 IT 和 OT 的融合,将大规模和个性化融合,通过大规模的高效率、低成本实现了定制的高精度、高品质。通过 COSMOPlat-IM 模块,实现用户定单直达工厂、设备及生产管理人员,实现用户深度参与制造过程,实现用户与工厂的零距离。智能制造的全过程可通过微信、网络进行线上交互、质量全过程的数据透明,同时基于现场 RFID、传感器等,实现了用户定单实时可视,随时随地可知产品的状态,由谁、哪台设备、什么时间、质量测试结果都能实时明确。



海尔 COSMOPlat 互联工厂要解决一个大规模和个性化定制的矛盾，形成大规模和个性化定制融合。衡量这个的标准就是“生产的每台产品都是有主的”，不需要原来传统的营销，衡量它的标准就是不入库率。从社群交互，到新品首发，再到个性化需求、大规模集成，是体现高精度，是怎么能连上用户。再加上模块化、数字化，高精度加高效率，来解决大规模个性化定制的矛盾。既要满足用户的体验，企业还要赚钱，要高增长、高份额、高盈利。



目前，海尔已累计建成沈阳冰箱、郑州空调、佛山洗衣机、青岛热水器、胶州空调、中央空调等 9 家互联工厂样板。海尔实施互联工厂取得了初步成效，互联工厂整体效率大幅提升，不入库率达到 69%，定单交付周期缩短了 50%，CCC 达到-10 天，其中海尔中央空调互联工厂已经实现了 100% 的产品是用户定制的，100% 的产品是网器、100% 的用户成为终身用户。

海尔互联工厂模式为制造业从大规模制造向大规模定制转型提供了借鉴和示范的作用。海尔互联工厂的核心是与用户零距离，从以企业为中心的传统经济模式颠覆为以用户为中心的互联网经济模式，高效率、高精度地满足用户最佳体验。以前大规模制造时代串联的供应商，同步进行数字化、智能化升级，被整合形成并联资源生态圈，与终端用户之间零距离互联，从而打通整个价值链，形成高效运转的消费生态圈，实现整个产业链的升级。

3 工程机械行业工业互联网实践

3.1 行业基本情况及生产特点

行业基本情况

工程机械行业属于技术密集、劳动密集、资本密集型的行业。在装备工业中占有举足轻重的地位，工程机械的发展与国民经济密切相关。在国家宏观经济政策的调控下，近年来我国工程机械制造行业发展迅速，形成了国营民营企业齐头并进的良好竞争关系与发展局面。

在近两年，受到金融政策、项目开工和市场饱和度等多种因素的影响，中国工程机械行业传统行业正在摆脱低迷萎缩的局面进入新常态，更多的企业加强对

制造业智能化产品的研究，以通过技术革新向市场发起挑战，开辟新的市场。“智能制造”正成为一批中国制造业企业发展的新方向。体现在如下几个方面：

一是工程机械行业逐渐复苏，回归平稳增长。2016年，在经历了连续多年的市场需求不足，产销量持续下降，企业经营难度不断加大的背景下，行业企业克服外部环境带来的困难，坚定信心，积极应对，实现了工程机械行业稳中向好。工程机械主要产品在经历了上半年的惯性下滑之后，下半年市场需求逐渐增加，部分产品出现了淡季热销的局面。主要产品中，挖掘机、推土机、平地机、叉车、汽车起重机、压路机、摊铺机，以及掘进机械等都实现了多年未见的增长，部分产品还出现了较大幅度的增长。

二是扎实推进国际化，“走出去”实现新突破。我国工程机械行业在前几年海外投资快速发展基础上，继续实施国际化发展战略，进一步深耕国际市场，整合现有对外投资，研发推广新型适用目标市场的产品，不断健全海外营销服务体系，加大力度培养国际化人才和营销队伍，拓展新型营销渠道，积极培育融资租赁市场，海外事业进一步取得实效，重点国家海外销售出现明显增长，海外工厂经济效益水平明显改善。

三是产业进一步实施转型升级，科技创新不断向前发展，高端设备不断取得新成果。工程机械行业在近几年的徘徊中，众多企业开始了求新求变求转型之路，从苦练内功开始，努力寻求低迷市场中的机遇，全面贯彻实施《工程机械行业“十三五”发展规划》，在推进转型升级方面取得重大进展，高端新型装备创新发展出现新亮点。在高端产品及关键配套件的核心技术研发、应用等方面取得突破。为响应《智能制造“十三五”发展规划》，一批企业在智能制造领域积极推进，实现智能转型，针对不同用户提供定制化的价值增值服务与解决方案，进一步推进向服务型制造的转型。行业企业实施了各有特色的转型升级战略举措和创新，为企业带来了新的增长点。

生产特点

工程机械企业的生产模式是典型的离散制造模式，生产的主要特点是：离散为主、流程为辅、装配为重点。工程机械企业普遍面临三个方面问题。

一是工程机械行业企业生产物流效率低下。绝大多数工程机械制造企业的生产特点是产品由多种零部件构成，再将制成的零部件组装总装为成品，在这个过程中，各零部件的加工生产过程相互独立，互不配合，生产工艺及过程离散，生

产环节不能有效的衔接，造成了各生产环节的库存积压。

二是工程机械企业管理普遍存在诸多问题。离散制造模式的特点是：产品品种多，生产批量小，每批次产品复杂，生产周期长，大型设备单台套生产周期长达半年甚至一年；工艺复杂，包括磨、切、钻、铣、焊接、喷砂、油漆、装配等多道工艺处理；组织生产难度大，既有自己组织生产，又有大量采购，还有很多外协加工。大多数工程机械企业普遍存在由于计划、管理不善，造成的库存在制品储备高，流动资金占用大，不能准时交货等问题。

三是智能化已成为工程机械行业的主要趋势和方向发展。随着工业转型升级需求释放、生产力成本上升等问题的凸显，再加上科技进步后的工业机器人性价比临近拐点，接受度渐增，工业机器人在不少领域已隐隐形成替代人工的趋势，而在工程机械行业这一趋势同样适用，智能化已成为工程机械行业的主要趋势和方向发展。

3.2 行业对工业互联网实施的业务需求

一是提升生产过程智能制造水平，提高装备核心零部件生产效率与质量稳定性。核心自主研发零部件是产品功能、安全的重要保障，如何通过产线的互联改造、智能控制、大数据分析，缩短核心零部件新产品研制周期、有效降低不良品率、提升生产效率，提高设备能源利用水平，成为当务之急。

二是实现人、机、料、管理流程、管理系统的广泛互联，提高流程效率，降低运营成本。随着企业全球化业务的发展和产品市场占有率的提高，产品的种类越来越多，客户对产品的个性化定制需求越来越广泛，零部件种类和供应渠道也越来越多，物流模式越来越复杂，如何实现跨业务模块的流程优化、多信息化平台的高效集成应用，公司与客户、代理商、供应商、第三方物流公司之间的横向端对端集成，其需求越来越迫切

三是高度离散场景下，用户个性化定制化需求不断增加。对于复杂的工程机械等大宗型产品如何有效的基于用户的需求研发设计，如何高效的将客户的需求转换成可供生产使用的制造工艺技术文件，以及如何在有限的成本范围内快速的交付小批定制化产品，是工程机械行业面临的新命题。

四是智能化服务能力提升是实现工程机械可持续发展的必要前提。装备制造厂商在主机市场渐趋饱和的环境下，实现企业可持续发展，必须严格控制主机故障率，延长设备服役时间，降低工厂生产设备及工程机械产品能耗。而运用大数

据分析、互联网、物联网等手段，加强服务全生命周期管理，促进主机合理使用及设备残值再利用，完全符合市场、政府导向及环境需求。

未来以企业为主导的产业互联网蓬勃兴起，以物联网、大数据、云计算为代表的信息技术深化应用，将成为改造、提升工程机械产业的强大力量。随着互联网及信息技术的飞速发展，让以工程机械企业为代表的传统工业企业感觉到转型升级实乃燃眉之急。只有充分借助大数据、物联网、信息化等数字化技术，在产业互联网的热潮中，帮助企业深度挖掘潜在用户，有效进行全网布局，才能降低企业运营成本，提升企业综合实力。

3.3 总体实施构架

工程机械行业工业互联网跨越工业物联网与商业物联网。业务焦点是设备维护服务、生态服务和提质增效。工程机械行业有两大通用实施场景的需求：（1）单场景智能端设备的利用绩效和健康维护；和（2）多场景系统融合智能工厂与供应链系统提质增效解决方案。

具体地说，在工程机械行业，以工业互联网支撑的工业智能设备终端为基础的智能服务是主要场景之一。在这个场景下，实现产品全寿命周期及端到端流程打通，引领离散制造行业产品全生命周期的数字化制造与服务的发展方向。在智能工厂的场景下，龙头企业针对离散制造行业多品种、小批量的特点，针对零部件多且加工过程复杂导致的生产过程管理难题和客户对产品个性化定制日益强烈的需求，以自主与安全可控为原则，依托智能工厂和供应链体系实现“产品混装+流水模式”的数字化供应链与智能制造。

工业互联网贯穿整个产品全寿命周期的实施架构如图所示：

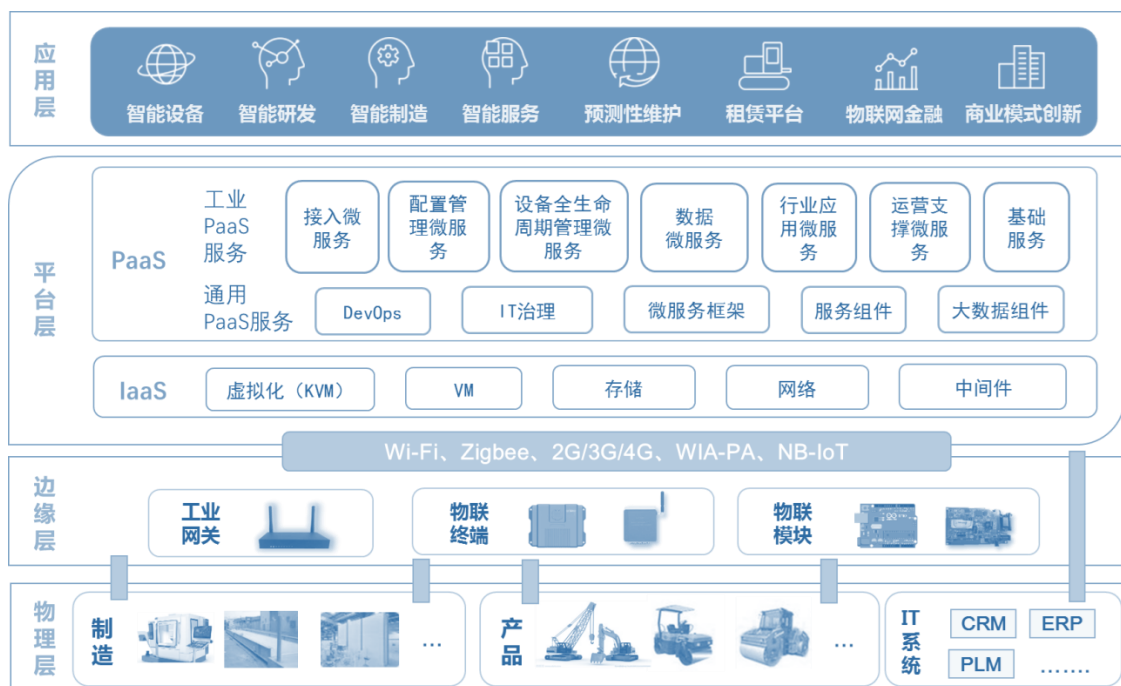


图 3-1 工程机械行业工业互联网总体实施架构

边缘层

边缘层依托传感器、工业控制、物联网技术进行工厂内外数据的打通聚合，对设备、系统、环境等要素信息进行实时采集和处理。一方面既可借助智能控制器、智能模块、嵌入式软件等传统的工业控制和连接设备，实现平台对底层数据的直接集成；另一方面可利用以智能网关为代表的新型边缘计算设备，实现智能传感器和设备数据的汇聚处理以及边缘分析结果向云端平台的间接集成。多类型的边缘连接手段为工业互联网平台实现泛在连接提供坚实支撑，丰富了工业互联网平台可采集与分析的数据来源。

平台层

(1) 基础 IaaS 服务。平台层的 IaaS 服务主要提供基本的计算、存储、网络等物理资源，提供基础资源服务能力。通过公有云、私有云、混合云等多种云架构，为工业互联网平台中的服务和应用提供虚拟化的计算、存储和网络等各类资源以及相应的管理能力。包括基础框架、存储框架、计算框架、消息系统等运行支撑能力，以及资源监控、负载管理、存储管理、资源部署等调度管理功能。

(2) 通用 PaaS 服务。平台层的通用 PaaS 服务提供支撑工业互联网平台自身所需的 PaaS 能力，包括数据库/大数据、中间件、容器和微服务等基础组件和服务，以及开发测试、自动运维、服务治理、平台管理等管理服务、流程与工具链支持。通用 PaaS 服务在平台中以统一的 API 形式对外提供服务。

(3) 工业 PaaS 服务。平台层的工业 PaaS 服务聚焦于提供工业互联网领域所需的组件与模块服务，并以统一的 API 形式对外提供。工业 PaaS 服务层包含对工业大数据的传输鉴权、海量数据接收处理和存储功能，并基于工业大数据和业务流程提供了各项基础和特色的服务。具体包括接入服务、配置管理服务、数据服务、运营支撑服务、管理服务。

应用层

应用层依托设备物联接入、工业大数据分析等平台 PaaS 能力支撑，将机器、数据、流程、人等因素融合创新，形成直接的经营管理系统解决方案（IT-CT-DT-OT），打通工业互联网应用的最后一公里，产生直接的客户价值。应用层部署以下具体应用：智能化控制与可视化、智能研发、智能制造、预测性维护、智能服务、共享平台、工业物联网金融等。

3.4 细分应用场景一：离散制造智能工厂

应用场景描述

智能工厂是在数字化工厂的基础上，利用物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术加强信息管理和服务，提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程，同时集智能手段和智能系统等新兴技术于一体，构建高效、节能、绿色、环保、舒适的人性化工厂。

智能工厂建设的基础就是现场数据（人、机、料、法、环、测）的采集和传输，数据信息使操作人员、管理人员、客户等都能够清晰的了解到工厂的实际状态，并形成决策依据。

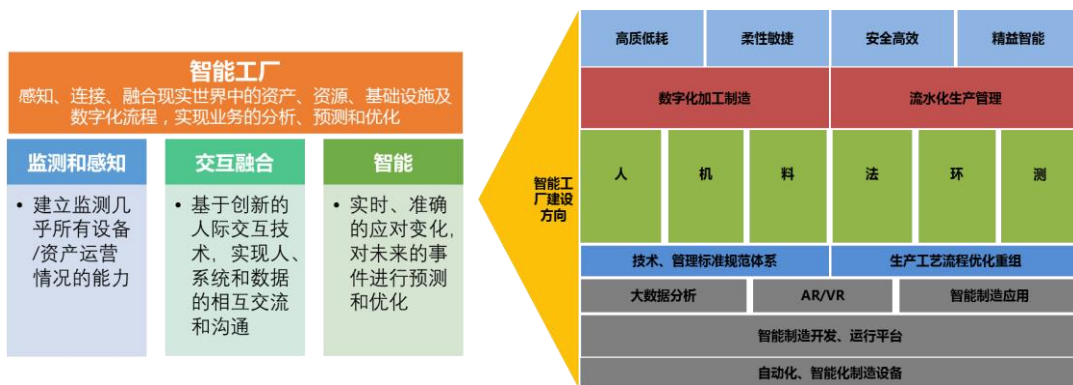


图 3-2 离散制造智能工厂发展思路

(1) 现状问题及需求

目前，工程机械行业智能工厂建设及发展面临如下问题：

- 现场设备互联难度较大，无法实时获取设备运行数据；

- MES 与 ERP、PLM 等系统集成度低，数据流无法贯通，同时 MES 无法与现场设备进行数据交互设备巡检等维护工序依赖人工介入，无法实现数字化管理；

- 缺乏故障分析模型，未开展现场设备的预测性维护工作；
- 生产设备、物料、人工等生产资源利用率较低；
- 订单执行的全过程无法实时跟踪与管控。

因而，工程机械行业智能工厂建设及发展在如下方面具有迫切的需求

- 亟待增强数据采集能力、系统间的数据交互能力；
- 借助大数据技术，实现异常事件的分析与预警、订单执行的实时监控、生产的智能排程、资源调度管理的可视化等。

（2）预期应用价值

工业互联网相关技术在生产制造的深度研发和大规模应用，将有利于推动设备智能化改造、网络互联、数据和系统集成，创新生产经营管理和产业协作与服务模式，提升生产质量和效率，为未来实现高度柔性生产，实现从“传统制造”到“服务型制造”的升级提供了坚实的设备管理与联通的基础。

- 通过 PCC 生产控制中心的建设，对生产过程中物料、设备、辅助生产资源等数据采集，并集成 PDM\ERP\CRM\MES 等应用系统，与实现订单执行与生产现场的集中管理与调度（。）

- 帮助制造业产线实时了解整机的实时工况、运行状态，运维保养情况，减少整机故障，降低整机故障时间。

- 对运行大数据的处理与建模，帮助产线在产品研发、质量改进、提升产品质量、快速解决故障提供数据支持，实现产品全生命周期的效率提升，提升产品市场竞争力。

- 生产数据结合 CRM 系统的应用，有助于确保产品符合市场需求，在新产品开发中，增加客户使用数据的支撑，能够从供应链的角度，完善对新产品设计、开发、客户服务等内容。

应用场景的实施架构

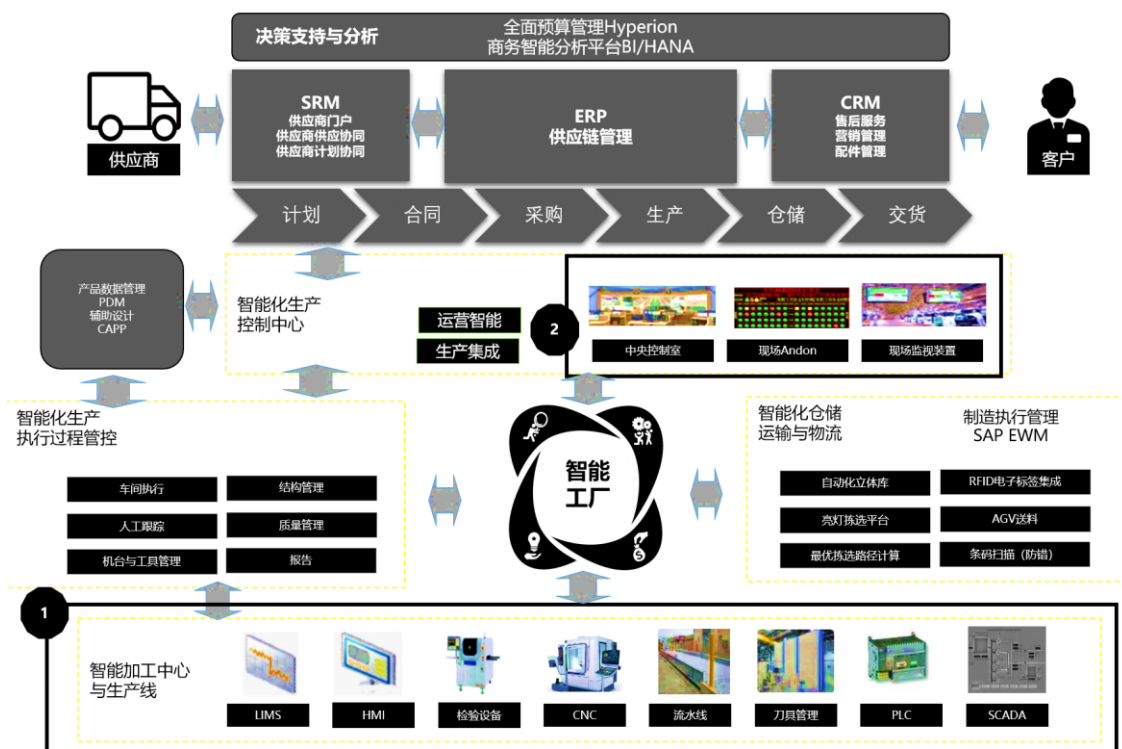


图 3-3 离散制造智能工厂实施架构

(1) 厂内设备互联与数据采集

利用智能装备实现生产过程自动化、机器换人，提升生产效率；同时搭建工业生产物联网，通过网络连入机台，实现机台的生产信息采集、机台互联，实现控制与数据传输，使机台使用率最大化。

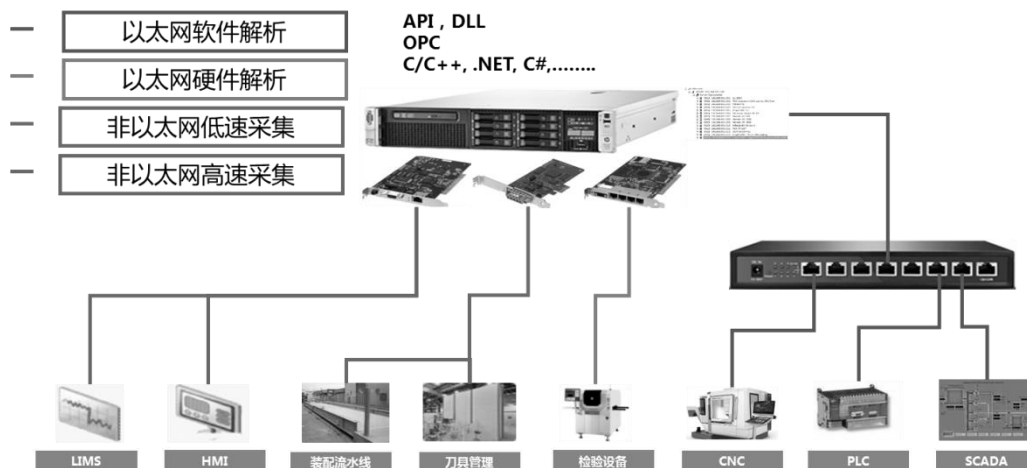


图 5-4 厂内设备互联与数据采集架构

(2) 智能化生产执行过程管控

通过对现场设备的物联集成（如：生产设备、物流设备、检测设备），实时采集设备运行参数，通过工业云将数据传送至MES，同时实时接收MES下发的

控制指令，最终反馈至相应设备，从而实现对现场设备的数字化管理；通过对现场设备运行数据的实时分析处理，对生产过程控制、工艺优化具有重要意义。

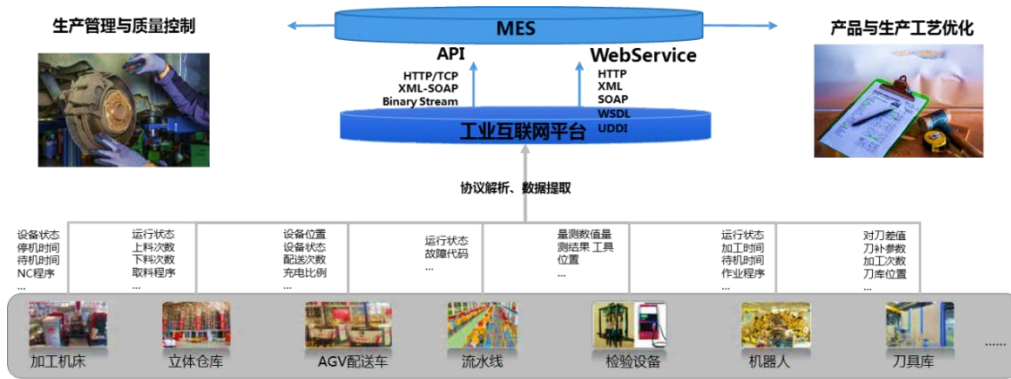


图 5-5 智能化生产执行过程管控架构

（3） 智能化立体仓库和物流运输系统

智能化立体仓库和物流运输系统实现装配线及部装线所需物料的暂存、拣选、配盘功能，并与 AGV 配智能化立体仓库和物流运输配套实现工位物料自动配送至各个工位。实现生产车间的工单管理、物料追溯、物流缺料超龄预警。根据生产过程监控及排产计划，自动提前下库，波次下架；依据先进先出原则，防止呆滞料产生；智能化的分拣、盘整指引。从零部件出库到工位的定位，到与装配时间相吻合的物料配送管控。

（4） 智能化生产控制中心

根据未来需要帮助 MES 系统打通底层生产设备的连接以及总控平台，建议建设生产控制中心 PCC。PCC 生产控制中心，通过对生产过程中物料、设备、辅助生产资源等数据采集，并集成 PDM\ERP\CRM\MES 等应用系统，实现订单执行与生产现场的集中管理与调度。核心业务包括生产计划与执行管控、质量管控、物流管控，以及生产现场视频监控等。管控对象由人变为机器，信息指令底层化，生产加工、物料配送、质量检测自动化、柔性化。

应用案例：三一重工 18 号智能工厂

18 号厂房是三一重工为打造世界一流混凝土泵送机械制造基地投资兴建的重大项目，主要用于泵车、拖泵、车载泵和搅拌主机生产。18 号智能工厂从产品设计→工艺→工厂规划→生产→交付，打通产品到交付的核心流程。

18号智能工厂总体架构如图所示。



图 3.6 三一重工 18 号智能工厂实施架构

1) 通过全三维环境下的数字化工厂建模平台、工业设计软件，以及产品全寿命周期管理系统的应用，实现研发的数字化与协同。

2) 通过多车间协同制造环境下计划与执行一体化、物流配送敏捷化、质量管控协同化，实现混流生产与个性化产品制造，以及人、财、物、信息的集成管理；

3) 基于物联网技术的多源异构数据采集和支持数字化车间全面集成的工业互联网，驱动部门业务协同与各应用深度集成；

4) 通过新技术的应用，实现公共资源精细化管理，包括在制品资源跟踪定位、叉车定位、人员定位、设备资源定位、数据采集、无线通信与数据传输平台；

5) 通过自动化立库 / AGV、自动上下料等智能装备的应用，以及设备的 M2M 智能化改造，实现物与物、人与物之间的互联互通与信息握手；

6) 利用信息系统，并借助与 PDA、平板电脑等移动设备，支撑检测数据的采集、以及质量体系的建设；利用 SPC 分析，提升过程质量的监控；

7) 借助企业 ECC 的硬件平台（大屏、监控设备）及现场 PCC 生产中心设备，对生产现场进行集中管理与调度。

18 号智能工厂建成投产后，成功打造从订单到制造的过程自动化管理、符合工业 4.0 纵向集成模型的样板工厂，实现“产品混装+流水”线的高度柔性生产，具备 20 个工位，30 余种型号混装、年产 300 亿的生产能力，2015 年成为国家首

批智能制造试点示范项目。

经过几年的运营，18号智能工厂取得了令人瞩目的效果：

- 1) 人均产值提高 24%，可比制造成本节约 1 亿元，直供上线率提高到 24%；
- 2) 在制品减少 8%，刀具消耗量降低 12%，线边缺件率降低 75%；
- 3) 现场问题对象—质量信息匹配率 100%；
- 4) 物料齐套性提高 14%；
- 5) 单台/套能耗平均降低 8%；
- 6) 原材料库存降低 30%。

3.5 细化应用场景二：产品全生命周期智能服务

应用场景描述

随着工程机械行业市场疲软、竞争加剧、产品和服务同质化日趋严重，亟需借助互联网、物联网、大数据分析等新技术，打造新常态下在售后服务领域的领先优势，引领行业产品售后服务和质量保障体系达到新的高度，带动装备制造业整体售后服务水平提升，提升国际市场竞争力。

(1) 行业发展提出实时设备状况管理要求。装备制造厂商在主机市场渐趋饱和的环境下，实现企业可持续发展，必须严格控制主机故障率，延长设备服役时间，降低工厂生产设备及工程机械产品能耗。而运用大数据分析、互联网、物联网等手段，加强服务全生命周期管理，促进主机合理使用及设备残值再利用，完全符合市场导向及环境需求。

(2) 客户需求和售后服务脱节要求工程机械提升服务能力。工程机械往往在环境复杂的建筑工地作业，设备运营管理的好坏直接影响客户的收入，而作为一台复杂的机械设备，操作及维修保养的技术水平往往要求较高，目前国内外各大厂商服务水平，均仅仅停留在通过有限的技术熟练人员实施服务的狭义服务上，遭遇诸多问题：

- 远程售后无法实时操控了解情况。
- 巡检人员繁忙无法及时响应、巡检周期长。
- 无法进行售后维护数据采集、售后分析困难。
- 故障排除滞后，等等。

如何降低设备管理及服务人员技术要求，实现设备智慧管理及“人人皆可服务”的广义，是工程机械服务能力提升必须考虑的问题，也是引领行业变革的重

大机遇。

(3) 经营模式变化推进行业改进。当前工程机械行业受困于宏观经济形势而市场需求降低，工程机械企业为寻求新的利润增长点，在主机销售受阻的前提下，必须加强零部件再制造、二手机交易租赁、服务保险等增值服务。并且随着工程机械服务同质化日趋严重，各种社会维修机构及配件零售商如雨后春笋般涌现，工程机械制造商服务竞争压力逐步增大，现有服务机制如果无法实现与市场的完全接轨，将很快被淘汰，实现社会化服务模式转型势在必行。

应用场景的实施架构

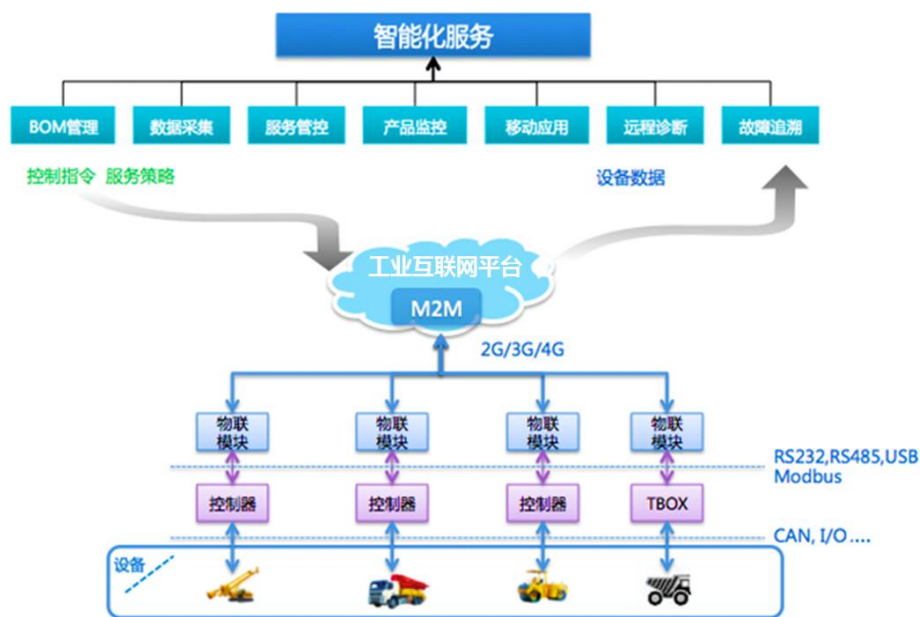


图 3-7 产品全生命周期智能服务实施架构

工程机械产品全生命周期智能服务依托工业互联网平台，借助 3G/4G、GPS、GIS、RFID、SMS 等技术，配合嵌入式智能终端、车载终端、智能手机等硬件设施，构造设备数据采集与分析机制、智能调度机制、服务订单管理机制、业绩可视化报表、关键件追溯等核心服务。

同时，基于工业互联网平台的大数据 PaaS 服务能力，实现装备工况数据的存储、分析和应用，有效监控和优化工程机械运行工况、运行路径等参数与指标，提前预测预防故障与问题，智能调度内外部服务资源，为客户提供智慧型服务。

(1) 实时数据采集与回传。实时采集各品类设备机器运行的各项参数，如地理位置信息、耗油量信息、设备运行状况信息等，并将数据存储，实时分析。

(2) 远程监控、分析、诊断。针对设备工况数据进行分析，解决设备与日

常管理运营问题。如设备运行轨迹、历史工况分析、机群管理分析、设备实时监控分析等。通过对设备整体或零部件运行状态、异常情况、磨损程度等技术参数的大数据分析，支持客户随时随地对设备进行监控和管理。管理设备作业状况，对设备作业量（总工作时间、作业方量、油耗、发动机转速等）进行统计，方便客户工作安排、成本控制。通过获取和分析设备的实时诊断数据，深入了解客户需求，实现用户使用状况与产品生命周期的监控，为客户提供及时的设备非正常状态提醒，预防损失，也为服务工程师维修提供依据。

（3）智能故障诊断。对设备运行数据进行实时采集与处理分析，根据已设定的规则进行非法操作报警、设备异常报警、偏离预定位置报警等实时报警，以及故障远程诊断、维护，并相应与智能服务平台一键智能派工服务集成。

（4）故障预测。基于存储在大数据存储与分析平台中的数据，通过设备使用数据、工况数据、主机及配件性能数据、配件更换数据等设备与服务数据，进行设备故障、服务、配件需求的预测，为主动服务提供技术支撑，延长设备使用寿命，降低故障率。

（5）资产管理。设备解锁管理：实现系统远程锁机/解锁、多级别的锁机控制、锁机流程管理、锁机历史记录管理等。设备维保管理：实现可根据自定义参数制定合理的保养计划并提供精准的保养提醒和记录等。设备档案管理：实现设备图册管理、设备配件管理、操作保养手册管理、设备基础信息管理等。

（6）机群管理。客户对拥有的不同品类设备进行集中管理；已购机用户、有设备需求用户、项目承建方等可以在平台上进行需求管理，用户可以发布设备使用需求或设备使用需求、项目承建方发布设备需求并以虚拟项目形式对项目涉及的设备进行机群管理，并主动推送相关信息。

应用案例：高空作业车设备物联管理

湖南星邦重工有限公司公司专注于各类高空作业设备的研发、制造、销售及服务。2016年，星邦重工以“高空作业车”设备为主，引进树根互联技术有限公司的根云 RooCloud 平台及智能服务 SaaS 核心功能，实现高空作业车地理位置信息、工况信息的采集、资产管理、智能服务管理、决策支持等功能，覆盖 26 种类型的设备；优化高空作业车端到端的一体化流程，有助于提升和完善星邦重工后期业务拓展。

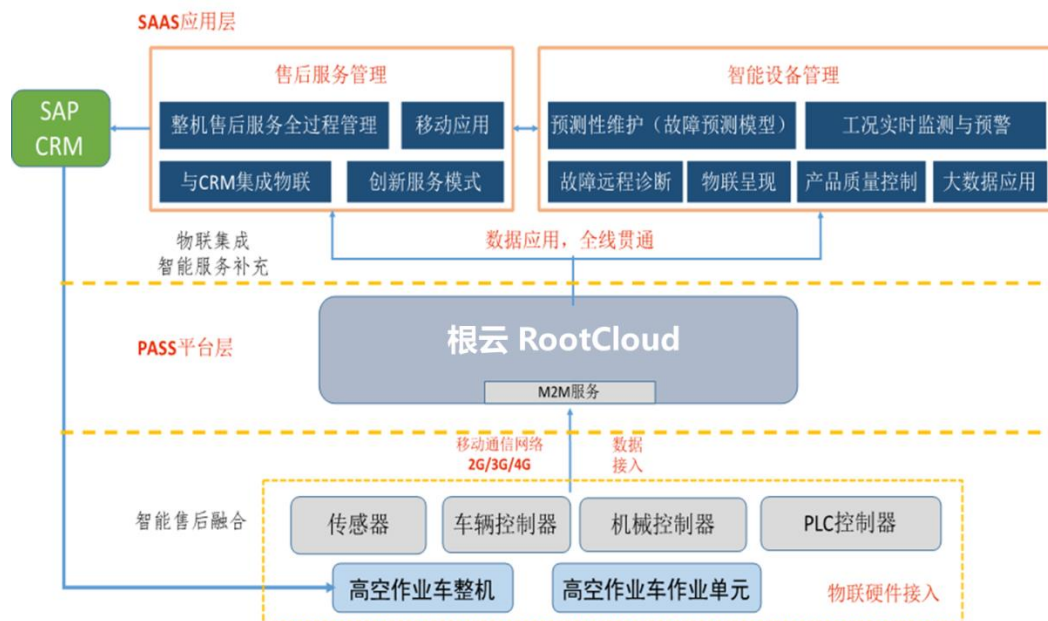


图 3.8 高空作业车产品全生命周期智能服务实施架构

1) 边缘接入层

通过对高空作业车的车架、作业单元、控制单元等各个部分进行硬件接入分析，有以下的三种 M2M 的接入方式：

无控制器单元：设备单元本身如果具备参数可采集能力，加装控制器。通过 CANBUS 协议解析文档和 ECU 等参数读取，开发测试对接控制器，采集设备参数；

自有控制器，但没有数据传输单元：加装物联模块，控制器厂商配合联调对接物联模块；

自有控制器，有数据传输单元：控制器厂商统一移植端侧连接到云端的协议（按照根云平台提供的协议文档规范和参考代码）。

2) PaaS 平台层

数据采集层通过无线的方式将设备运行数据实施传输到根云平台，平台通过标准的接口和数据协议，将相关数据进行整理、存储和备份。同时提供数据的格式化清洗，数据过滤，数据分析等多种工业数据管理操作，为上层 SaaS 应用提供平台支撑。

3) SaaS 应用层

针对设备的数据特性、功能需求，开发和部署“高空作业车设备管理应用平台”。运用物联网、大数据、云计算、机器学习、人工智能、虚拟现实和增强现实等新技术，通过 B/S、手机端 APP 等多种终端互动方式实现设备全生命周期的管

理业务应用，主要覆盖两大业务：

物联呈现：针对设备工况数据进行分析，解决设备与日常管理运营问题。如设备运行轨迹监视、设备实时监控分析、故障诊断分析、设备资产管理等；

设备全生命周期服务管理：面向企业产品后市场人、财、物的管理服务。通过提供轻量化的 SaaS 服务，提高企业客户在设备全寿命周期的维修、保养、技改、交机、巡检、旧件返厂、配件销售、回访监督等服务效率。

通过基于根云平台实施产品全生命周期智能服务解决方案，星邦重工以服务流程优化驱动，融合信息化管理手段，输出公司服务体系业务流程，建立基于工业互联网的智能服务平台，提高为客户提供增值服务的能力，支撑公司卓越运营。

3.6 细化应用场景四：工业互联网+保险创新应用

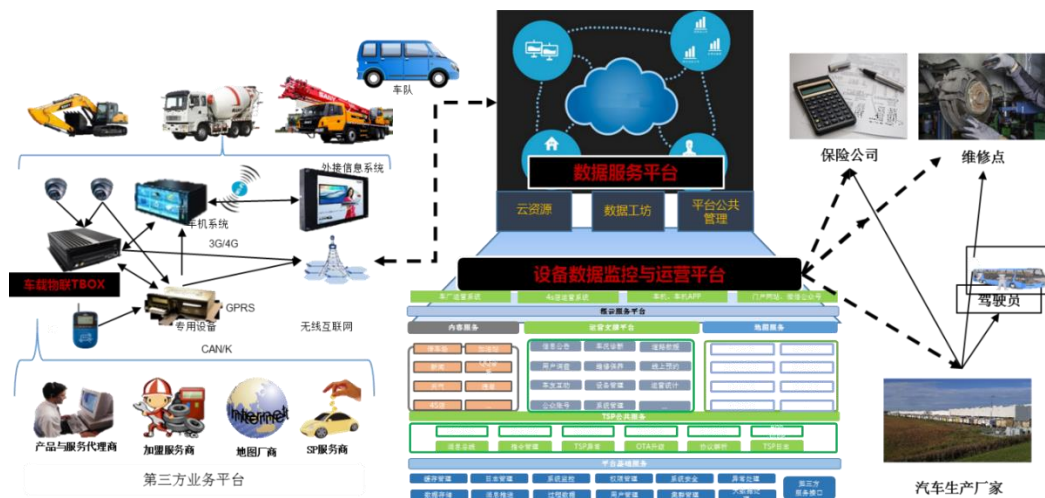
应用场景描述

随着大数据技术的快速发展，利用工业互联网技术获取设备的运行数据和历史设备保险业务数据，应用数据挖掘分析技术实现智能定价和个性化定价，已是设备保险市场的迫切诉求，探索寻找解决这些问题的方法与系统也随之成了实践动力。

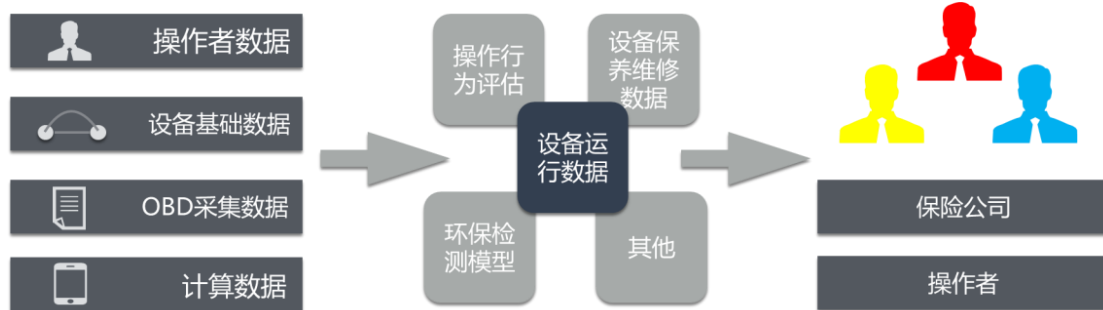
待解决的关键问题包括：

- 1) 如何科学有效地对设备的运行状况进行掌控；
- 2) 如何对设备故障、事故等风险进行准确预测；
- 3) 如何确定不同险种相应的关键风险因子等。

3.6.2 应用场景的实施架构



以工程机械装备的物联数据和设备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，生成设备的综合状态评估，以及设备主及企业的运营状况及信用风险等模型，从而建立设备质量评估指数。



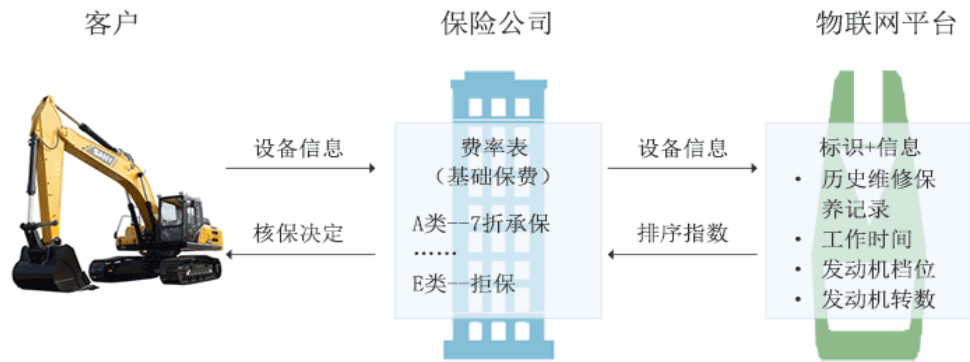
提供基础的数据清洗与管理服务、设备工况画像分析服务、设备维保画像分析服务，以及结合工况和维保数据以及保险经验构建的质量评估指数/维修概率预测模型分析服务。涉及到客户核心系统和数据的定价等业务和应用则由客户自主把控。

根据模型成果开发用于精算定价与风险选择的数据产品，协助保险公司的精算和产品研发部门在用户使用场景、风险管理上提供技术、数据及运营支持，并结合设备质量评估指数及其他变量信息，帮助其完成保险产品创新。

应用案例：工程机械 UBI 保险

久隆财险是国内首家聚焦于装备与装备制造业的专业保险公司，以工业互联网、大数据平台和工业资本为支撑，为客户量身定制专业化、智能化保险产品和服务。

基于树根互联的根云 RootCloud 平台，联合久隆财险和三一重工，聚合装备制造、工业互联网及金融（保险类）三方面的人才和技术，首次探索和尝试“装备+数据+金融”的闭环商业模式，共同对三一装备的物联网数据及企业运营数据进行深度挖掘与应用，研发基于物联网的保险产品，发掘工业大数据的金融价值，探索工业大数据创新性商业模式。



通过基于设备的数据对损失概率进行预测，在设备定价中将每一台设备运行数据（工况数据）作为定价变量来考虑，可以对每台单独设备提供更加准确、公允、动态的定价，帮助保险公司进行风险选择与精准定价。这与传统保险基于累积数据的静态定价相比，是极大的提高，已经申请相关专利。

案例已实施上线，对于平台上有数据跟踪的每一台挖机设备，可以做到精准的个性化保费定价。对保险公司核保、定价、产品创新等都提供了基于数据分析预测的客观和有利的参考。

中挖 - 将差于本类业务都拒保后					
	本组中挖平均维修费用	剩余业务的平均维修费用	删除的业务量占比	删除后维修费用减少比例	总利润比例
M1	11				
M2	36	11	0%	95%	1.8%
M3	34	68	0%	88%	1.6%
M4	38	26	0%	83%	1.5%
M5	43	54	0%	80%	1.0%
M6	92	33	0%	72%	1.3%
M7	60	38	0%	57%	1.0%
M8	17	28	0%	44%	1.7%
M9	53	62	0%	32%	8%
M10	32	95	0%	20%	1.3%
中挖平均	52				0.69
*假设20%的费用率和5%的利润率					

从保费规模、利润、承保机器数量出发，中挖是最“值得”开展业务的机器类型，小挖次之，大挖第三。加入承保投入和单均价值的考虑，中挖依然是最“值得”开展业务的机器类型，大挖次之，小挖第三。开展业务时，中挖和大挖应该拒保第九和第十档的业务，小挖应该拒保第十档的业务。对于开展业务的设备，其设备维修费用及利润比例都可明确分析与排序，并指导保险对于每一档进行精准定价。

4 电子信息行业工业互联网实践

4.1 行业基本情况及生产特点

电子信息产品是指涉及电子信息的采集、获取、处理或控制方面的电子产品，如电子元器件、电子信息材料、手机、电脑、视听产品、网络及通信设备等。电子信息产品属于知识、技术密集型产品，其科技含量较高；产品注重质量、节能环保，并遵循行业标准及国际标准；产品竞争激烈，升级换代迅速。

中国电子信息产业是经济总体中的朝阳行业，总体规模位居世界第二，仅次于美国。中国在手机、电脑、网络通信设备及产品方面世界总量第一，并在固定电话、移动电话和互联网的用户数量上领先全世界，同时拥有全球最大的信息通讯网络。

2017年9月，工信部发布《中国电子信息产业综合发展指数研究报告》，该报告显示，2016年中国电子信息产业主营业务收入达到17万亿元，是2012年的1.55倍，年均增速11.6%；2016年电子信息产业利润总额达到1.3万亿元，是2012年的1.89倍，年均增速17.3%。

电子信息产品细分种类众多，产品间差异大，不同产品其制造工艺过程不尽相同，但一般都遵循模块化设计与模块化生产制造理念，涵盖模组、部件到整机的生产全流程。电子信息产品制造一般工艺流程如下：

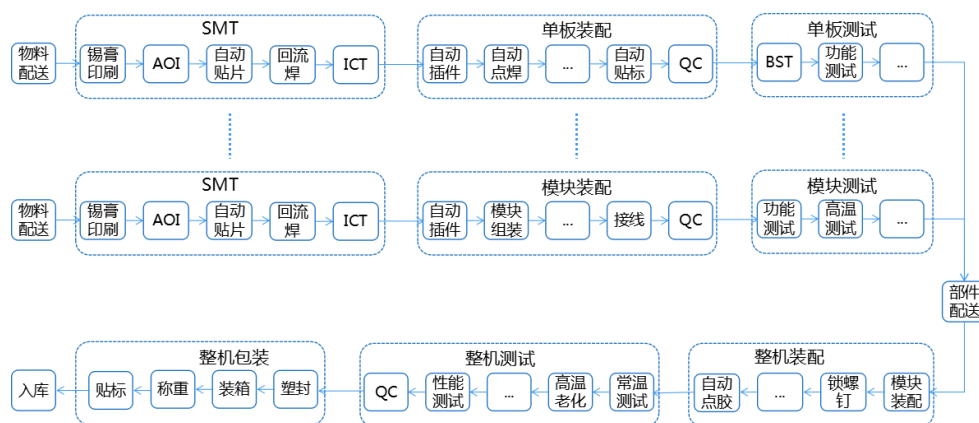


图 4-1 电子信息产品制造工艺流程

一般工厂根据产品生产订单量、产品生命周期、工艺过程特点等因素，综合考虑生产效率及投资效益，确定产品生产制造模式的基础上建设产品生产线。整体上看，电子信息产品制造呈现出3种不同的制造模式：面向大规模产品的流水线制造模式、面向订单拉动产品的单元生产制造模式、面向单一高价值产品的手

工生产制造模式。

面向大规模产品的流水线制造模式，指的是采用工业机器人、自动化专机、特定生产装备等，组建自动化生产线，实现各个工序的自动化、无人或少人化生产作业。采用自动化流水线制造方式，可以大幅提高劳动生产率，缩短生产周期，减少在制品占用量和运输工作量，降低生产成本。但是自动化设备初期投资大，而且设备多为专门定制，不能及时地适应产品产量变动、品种升级和技术更新。所以，自动化作业方式，主要适合于种类单一、产量大、寿命持续时间长、工艺简单稳定的产品的大规模产品的制造。

面向订单拉动产品的单元生产制造模式，是指生产线按照流程布局成一个完整的作业单元，作业员在单元内进行目标为“单件流”的作业，也称之为单元生产方式。该生产模式，通过单件生产、Cell 单元化布局、多能工培训、减少中间在制品、消除批量周转、追求零故障等措施，可以大幅缩短生产交付周期，节省不必要的材料和中间组装环节，实现产品的快速转换，可以根据产品需求情况调整 Cell 单元数量，从而迅速适应市场订单品种和数量的变化。所以，单元生产制造模式，非常适合基于订单拉动的多品种、小批量、短交期的产品制造。

面向单一高价值产品的手工生产制造模式，就是基于人工作业方式。主要特点是以人工生产为组合，生产效率低，产品质量和交付周期受到工人技能水平、工作状态、工艺复杂程度等多种因素影响。但是，对于单一高价值产品，特别是在产品加工、组装、检验等环节，无法采用自动化装备实现，必须人工主观判断或检验的节点，都需要采用人工作业。所以，人工作业，主要适合产量小、产品加工装配工艺复杂，或者需要人工进行主观判断分析の場合。

流水线生产、单元生产、手工生产这三种制造模式，在电子信息产品制造中广泛存在，都具有各自的应用场景和具体需求。但是，仅仅只是生产方式的调整和升级，还远远无法实现电子信息产品制造的根本性的变革。只有所有生产设备、过程环节与资源，和工业互联网的充分结合，消除信息壁垒，实现所有要素的互联互通，才能为电子信息产品的智能化生产提供坚实的基础。

4.2 行业对工业互联网实施的业务需求

工业互联网是由智能机器、网络、工业互联网平台及应用等构成的系统，能够实现机器与机器、机器与人、人与人之间的全面连接与交互。这种互联不仅是数据信息流的简单传递，而是融合了智能硬件、大数据、机器学习与知识发现等

技术，使单一机器、部分关键环节的智能控制延伸至生产全过程。工业互联网为生产数字化、网络化、智能化发展提供支撑，是实现智能制造的关键基础，也是生产制造发展的新阶段。

传统工业企业的生产过程协同只能在企业内部各个部门之间、不同车间之间实现小范围协同。工业互联网突破了时空界限，集成了供应链、客户关系、制造执行、企业资源等系统，为整个供应链上的企业和合作伙伴搭建了信息共享平台，将生产过程协同扩大到了全供应链条甚至是跨供应链条上，实现了全生产过程资源的网络化配置，可实现社会化协同生产。传统工业生产极大地依赖固定生产线，能源、原材料、机器、设备组和其他生产设施均按照最大生产需求配置，在闲置生产时段易造成极大浪费，生产过程中也无法灵活调整分配。在工业互联网条件下，通过互联将智能控制链条延伸至生产的各个环节，推动生产流程向可通过软件定义、管理和执行的智能化方向转变，实现生产动态调整。

传统电子信息产品制造中自动化生产、单元生产、手工生产方式与工业互联网相结合，将通信信息技术与电子信息产品制造相融合，实现机器设备健康管理、人机一体化协同作业、生产过程质量追溯、产品生命周期质量管理，从而优化对装备和资源的使用，推动生产和运营的智能化，创造新的经济成效和社会价值。

流水线生产中的设备健康管理

在电子信息产品制造中，自动化流水线制造模式，实现大批量、标准化、持续不断的生产，需要依赖于大量生产装备进行，其对设备运行状态、维护状态、保养情况等，都需要进行严格的管理和监控；一旦因设备管理不善导致生产停机、贵重设备提前报废、产品质量隐患或安全事故对企业造成的损失往往是巨大和难以承受的，为使这些设备保持健康运行状态，帮助企业降低生产制造成本和提高产品质量，实现企业的可持续和健康发展，就需要对设备进行健康管理。

通过工业互联网采集设备运行状态信息，对设备运行状态进行实时监测，并结合采集到的设备故障信息，实现对设备的健康管理和可预测性维护，以较少的投入，大大延长设备的技术寿命、经济寿命和使用寿命，为企业产生检修效益、增产效率和安全效益，使企业保持良好的经济效益。

单元生产中的人机协同一体化

电子信息产品制造目前呈现出复杂化、非结构化、柔性化和随时可能改变尺寸形状等特点，在自动化流水线生产或单元作业方式中，单纯依靠机器来实现产

品自动化生产，其解决方案难度和成本将会是巨大的；另外在高精密装配上，无论机器怎样发展，都有它的局限性，远不及人的灵活性。即便是那些已有大量操作依赖机器的企业也发现，机器灵活性不足以也难以适应不同的生产作业以及意外情况，仍需要人员针对不同的任务或花费昂贵的离线时间对机器进行重新设置。通过工业互联网人机数据交互，在确保安全的前提下，可以消除人与机器的隔阂，将人的认知能力及灵活性与机器的效率和存储能力有机地结合起来，以人机协作方式，提升整个产品制造的生产力及质量，将成为当前企业智能生产的一个重点研发和突破领域。

流水线生产中的质量管理和追溯

电子信息产品的生产加工过程中，从来料、配送、生产、装配到发货各环节，整个过程经人为分割，导致各环节业务数据无法有效衔接及利用。

基于工业互联网技术，可获取全生产过程的材料质量数据、工艺参数及自动化生产设备的状态业务数据，经数据挖掘技术，可进行质量问题的根因分析，发现并消除质量管理环节中存在的漏洞，也可运用大数据分析工具建立质量预测模型，实现质量问题的提前预警，为生产提供决策服务。

通过工业互联网技术、RFID 及二维码等技术与电子信息产品制造过程的结合，可实现对全生产过程关键工艺参数、设备参数及操作情况等数据的标记及采集，从原材料供应、生产的各工艺环节直至产品的最终交付，使整个链条的所有环节数据彼此建立关联关系，在任意环节出现质量异常时，均可精确追溯到前段任意工艺环节数据，并进行分析，来获取异常原因。可运用大数据分析工具建立质量预测模型，主动分析原材料质量数据、生产设备工艺参数及设备状态数据变化等，发现潜在质量问题，提前进行预警及解决。

4.3 总体实施架构

电子行业工业互联网跨越工业物联网、商业物联网和消费物联网。业务焦点是用户体验、生态服务和提质增效。电子行业有两大通用实施场景的需求：（1）智能端产品的用户体验及其迭代；（2）多场景系统融合智能工厂提质增效解决方案。电子行业的总体架构如下图 6-1 所示，包括边缘层、平台层、应用层和安全保障。

边缘层实现生产现场数据的采集、转换、存储和处理，还可以按照既定规则实现本地控制。可以根据需求采用工业总线、以太网、工业 PON、WLAN、4G/5G

等各种有线无线技术，实现生产现场的设备、装备先、测试仪表、仓储物流系统、传感器之间的互联互通。

平台层提供工业数据统一管理和服务的的能力，同时提供开发环境和 API 支持，便于使用者快速构建定制化工业数据服务。

应用层包括仓储物流系统、生产运营系统以及工业大数据应用系统，利用工业生产过程中产生的各种数据实现生产运维和质量管控。

另外，需要采取设备安全、网络安全、控制安全、数据安全、应用安全等多种手段，保障生产过程的安全可靠。

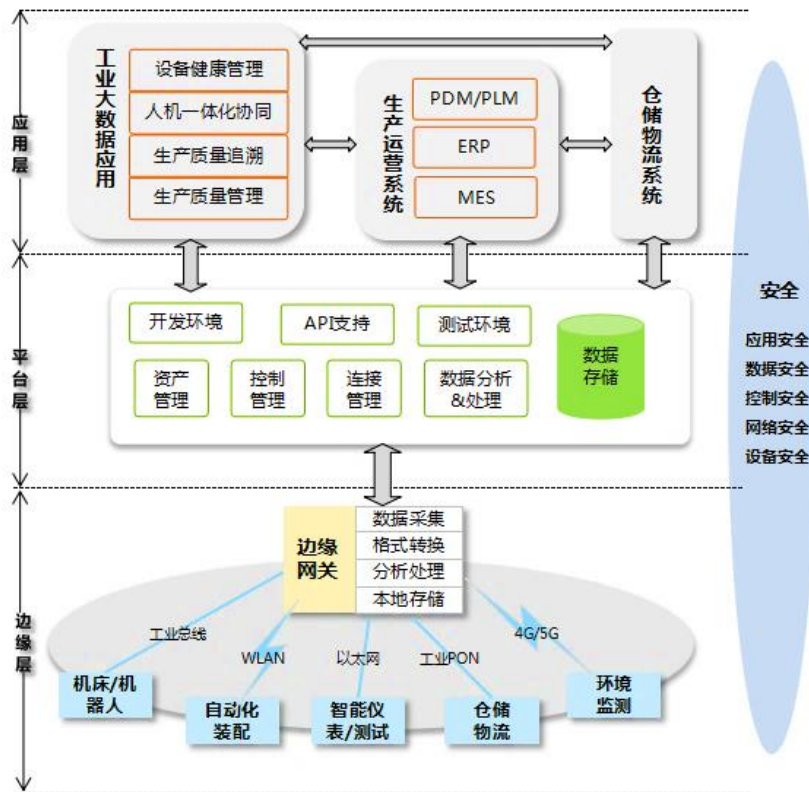


图 6-3 电子信息行业工业互联网实施架构

4.4 细化应用场景一：设备健康管理

应用场景描述

设备健康管理是通过整合设备管理的规章制度和管理流程，紧密围绕设备状态的监测、维修、使用和工厂环境等信息，运用智能现场系统对涉及设备健康的因素进行全面分析和管控，运用智能排程系统对维修活动进行优化排配。设备健康管理通过更好的信息可视化、可预测性和简化作业流程来提高设备的可靠性和绩效，减少设备停机造成的生产延误，提高生产线性能;通过预测和认知分析加快设备维修进度。

因此，设备健康管理主要有以下两个功能：1) 故障预测：预计、预警、诊断部件功能的状态（包括确定部件的剩余寿命和正常工作的时间段）；2) 状态管理：根据诊断、预测信息、可用资源以及使用需求对维修活动做出适当的决策，确定是否更换设备、更换其零组件或者正常维护。

应用场景的实施架构

设备健康管理主要分为四个层次：边缘层、IaaS 层、PaaS 层和应用层。如下图所示：

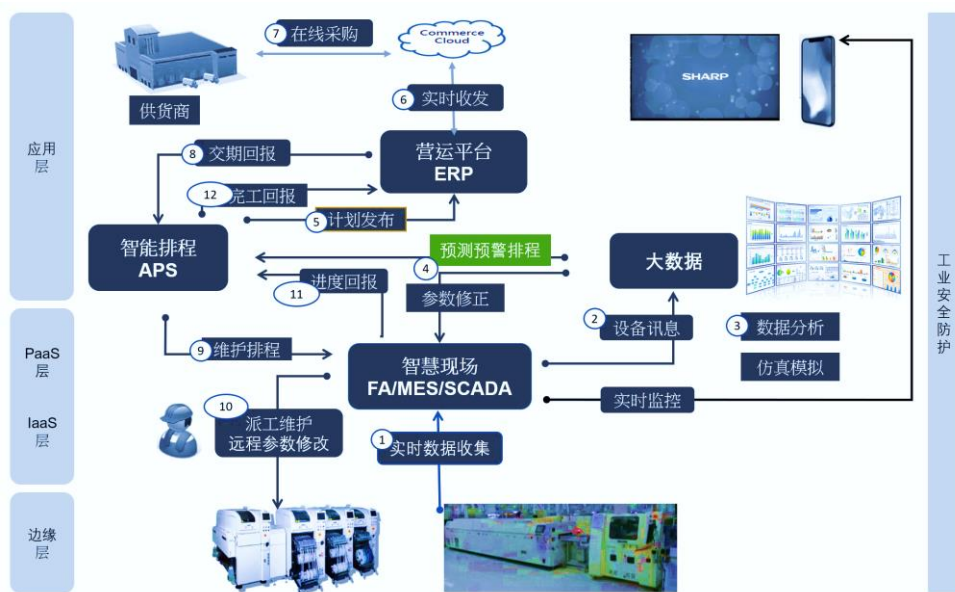


图 4-3 设备健康管理实施架构

边缘层包括设备现场作业、设备参数的修改和硬件维护；

IaaS 层、PaaS 层包括 FA/MES/SCADA 等智能现场管理系统、大数据平台和 APS 智能排程系统；

应用层包括 ERP 系统，设备在线采购以及实时监控。

设备健康管理的流程如下：

1&2) 智能现场系统通过在设备上安装的传感器，实时收集设备产生的数据；一方面，通过手机或显示器接受智能现场系统发送的数据，工作人员可实时监控设备状况，另一方面，将设备数据发送到大数据平台；

3&4) 大数据平台进行数据分析和仿真模拟；大数据平台会根据分析结果，将预测预警设备需要更换的排程信息发送到 APS 系统；若只是设备参数需要调整，大数据平台会发送指令到智能现场系统，系统通知工作人员远程修改参数；

5) APS 系统收到设备预警的排程信息后，实时发布维修计划到 ERP 系统；

6&7) ERP 系统根据维修计划制定采购计划, 采购人员通过云平台购买设备零部件, 并在 ERP 系统里维护设备交期;

8&9) ERP 系统将设备交期回复给 APS 系统; APS 系统根据设备交期调整维护排程并发送到智能现场系统;

10&11) 根据智能现场系统显示的设备维护排程, 技术人员进行维护工作; 智能现场系统实时发送设备维护进度给 APS 系统;

12) 设备维护完成后, APS 系统会发送完工报告给 ERP 系统, 维护结案。

实施案例

高产能的全自动化生产线马达健康管理实例: 整条产线包括机台上的 36 台伺服马达、传送带上的 20 台交流马达以及多路径传送带上的 5 台交流马达。如下图所示的产线传送带的一小段为例, 传送带上有 6 台马达, 每台马达都有独立的配电装置, 内含电压、电流侦测装置, 通过电压电流转换器, 将信号发送给网络通讯主机(E-Gateway); 每台马达上都安装温度、振动传感器, 将温度和振动频率转换为数字信号, 然后传送到同一台网络通讯主机(E-Gateway)。每一台马达都配有独立的网络通讯主机, 这样马达之间的信号不会受到干扰, 无论是 SCADA 系统还是手机, 都可以接收到马达运转的实时信息。具体系统架构如下图所示。

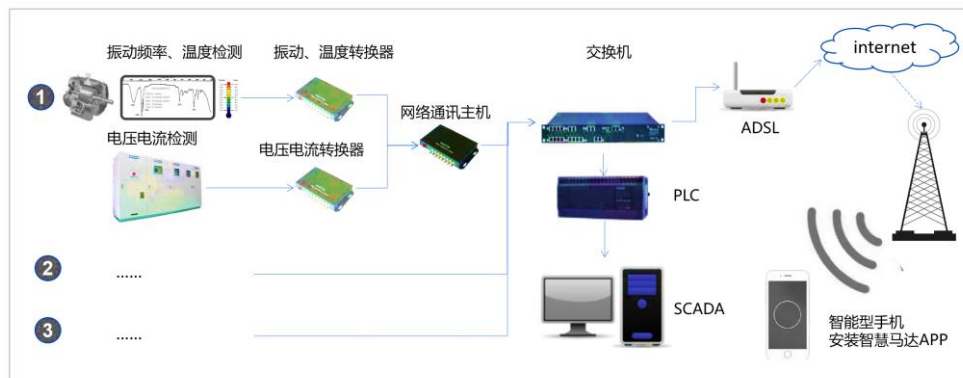


图 4-4 马达健康管理实施案例

通过这套智能马达系统, 可以实时监控马达的温度和振动频率, 从而显示出马达低额运行的状况、故障次数和日/月用电报表并发出告警信息。

综上所述，运用设备健康管理系统，实现设备数据可视化，工作人员提前得知设备的健康状态，提前购买、准备设备及其零组件，在设备出现问题之前就对其进行维修、更换，避免因设备突然出现问题而造成的产能损失，提高设备稼动率，达到提质增效的目的；也能提前安排工作人员的工作，提高人员工作效率，进而降低人力成本。

4.5 细化应用场景二：人机协同一体化

应用场景描述

随着中国工业进程的快速推进，产生了一系列超大规模的电子加工企业，这些企业多覆盖冲压、注塑、烤漆、PCBA、组装等不同加工制程，因原材料或组件的物理形状和材料特性不同，及产品迭代周期大部分在半年到一年半左右，无法实现或实现全自动化生产的设备投入往往较高，产品迭代又需要全新投入或部分改造，所以一定时期内，人机协同工作符合这类企业的投资策略。

该类企业的特点人力相对密集，辅以代替人进行简单重复劳动的半自动化设备，以人机协同加工作为主要的作业方式。企业特点要求人和机实现高效协同，实现生产节奏的同步。保证生产的稳定、高质、高效是这类生产组织模式的核心能力需求。

为此，施耐德导入了 EcoStruxure 架构。

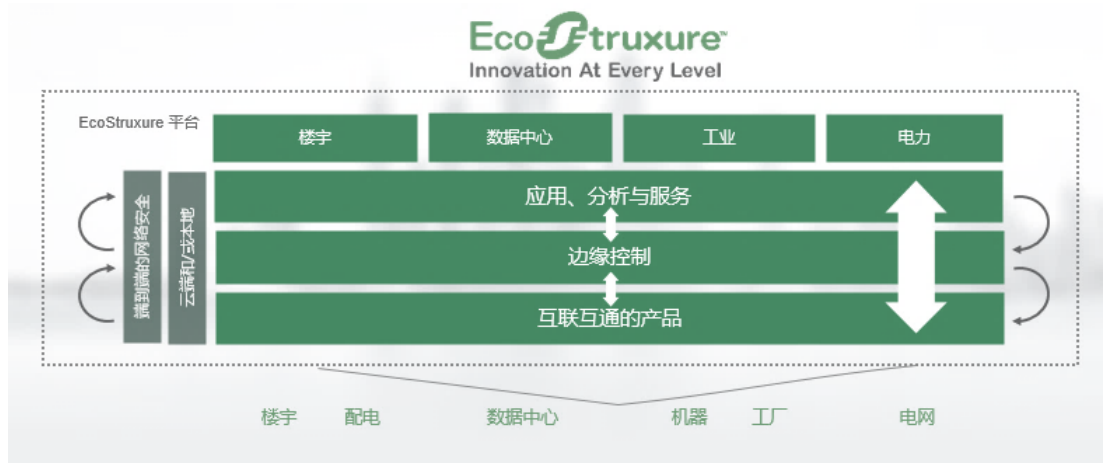


图 4-5 施耐德 EcoStruxure 架构

EcoStruxure 是一个技术框架，涉及互联互通的产品，边缘控制，以及应用、分析与服务等方方面面。互联互通的产品构成了物联网的基础，通过边缘控制帮助客户连接控制平台，支持客户进行简单的设计、调试和监控操作。

应用场景的实施架构

总体实施架构分成四层，分别为：物理设备层、核心网络层、制造运营层和企业管理层：

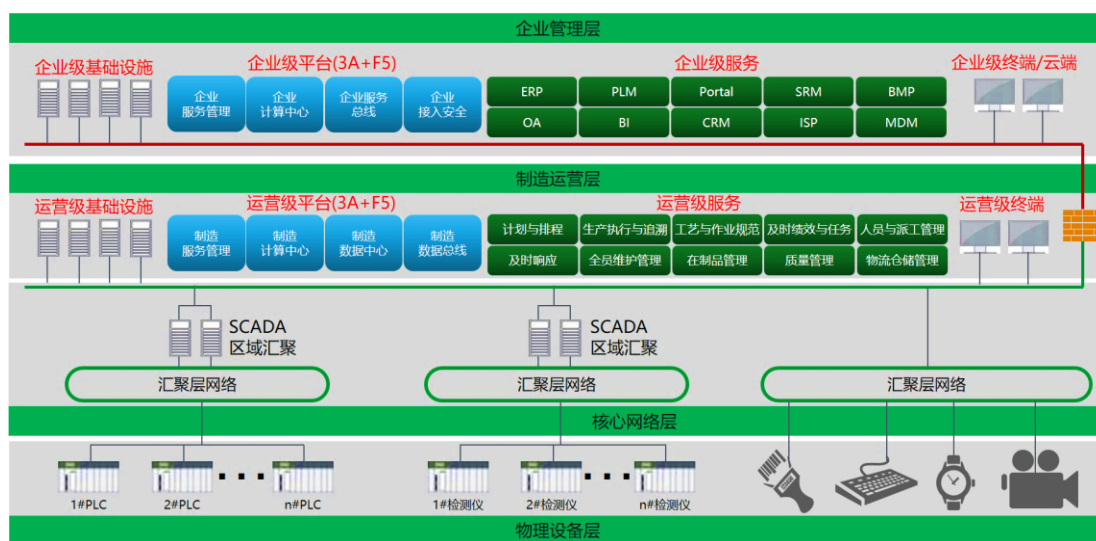


图 4-6 人机一体化协同实施架构

企业管理层以企业级平台为基础，管理企业级服务，企业管理层采用 3A 的统一认证方式，实现企业级系统应用统一认证，企业管理层采用负载均衡，保障企业级服务高效安全的运行；企业级平台以企业服务总线为数据介质，将企业管理层内部以及与制造运营层的数据打通，让企业管理层具备横向的数据交互，也为企业层提供了可靠的底层数据来源；企业计算中心以应用现代化计算机信息技术，对企业层数据进行多样化分析，对企业级的数据进行扩展和转换，为企业决策提供更多的依据。依托企业级平台，生成实现各项业务需要的服务，为企业级客户提供业务支撑。

制造运营层以生产管理为核心，集所有生产管理系统为一体，提供独立的运营级平台，运营级 3A 可以继承企业级 3A 体系但独立于企业级，运营级平台主要有服务管理、计算中心、数据中心和数据总线，制造数据中心以统一架构为指导思想，让整个运营级别的基础数据、生产数据、质量数据、监控数据和运营数据可以发布部署，有效集合，增强运营级别数据的处理能力和扩展能力；制造计算中心以现场运营管理为模型，对数据进行分类、分层计算，给运营管理提供可靠的运营数据；数据总线可以让运营级服务内部及和上层企业级、下层进行高效的数据交互，数据总线支持负载均衡。所有运营级服务基于运营级平台为运营级客户提供服务支撑。

核心网络层以为制造运营层提供网络支撑的核心网络为中心，以为分布式数据采集提供网络支撑的汇聚层网络为分支，以连接各现场设备和接入层网络为终端，实现网络的分层和区域控制，整个网络拓扑可以通过数据中心的管理端进行管理。

物理设备层以控制单元为核心，控制单元连接感知元件及执行单元，通过控制单元实现现场设备控制和回路调节。

实施案例—施耐德精益数字化实现高效人机协同

施耐德第一个小型断路器生产厂，到 2004 年一直保持年销量 15% 的增涨，同时老厂房面临租期将近，且延续了 17 年的生产运营方式，效率提升已经达到一个瓶颈，如果不进行变革式的改变，将面临市场和内部的双重挑战：

- 工厂人员众多，管理成本较高；
- 产能需求加大，工厂厂房不足以应对未来市场需求造成的产线扩张；
- 质量等记录以纸质记录为主，难以实现质量追溯；
- 经验数据无法有效积累，指导未来持续改善；
- 效率损失是一笔糊涂帐，无法形成有针对性的解决方案；
- 设备状态及维护情况没有记录，异常停机频发。

工厂认识到，一方面需要通过系统性的工作，优化工厂布局。通过对布局的挑战，节约 22% 的生产空间。

另一方面，必须实现运营方式的转变，下定决心实施变革，对产线进行改造，上马精益数字化系统，实现精益思维下的数字化运营。为了实现数字化精益运营，实施了包括计划与排程、工艺与作业规范、生产执行与追溯、及时绩效与响应、过程质量管理、电子物料看板、设备数据采集等功能的精益数字化系统。

通过三个产线优化及三个月的数字化系统实施，实现了效率从 65% 提升至 80%，生产周期从 78 小时降低 18 小时，仓库效率提升了 25%。不仅如此。透明化的改造为企业持续改善形成了良好的土壤和企业文化，突破了原有瓶颈的束缚，至今，已经连续 12 年实现了每年超 10% 的生产率提升。

4.6 细化应用场景三：生产过程质量追溯

应用场景描述

生产过程质量追溯聚焦数据，基于工业互联网技术，实现对整个产品生命周期的所有数据的采集，通过构建生产质量模型进行实时分析，实现异常品快速响

应和全过程品质监控。挖掘企业生产全过程中影响产品质量的关联因素，发现潜在质量问题，消除质量管理环节中存在的漏洞，提前进行预警及解决。

生产过程质量追溯收集的数据包括供应商物料数据、生产流程数据、生产制程参数、生产搬送历史数据、物料使用情况数据、仓库在库信息数据以及产品销售信息等数据，从所有的可以接触的维度，直接记录产品的生产流程，基于数据整合与分析，实现全生产过程质量追溯。

应用场景的实施架构

生产过程品质追溯是采集整个生产制造过程的实时数据，实现生产全过程实时质量监控。通过整合各个系统的信息记录和工业物联终端采集的数据，从来料信息，来料投入，制程机台参数信息，产品流向信息，产品出货信息等各个维度对产品进行监控和全过程记录，并通过质量分析模型与预测模型进行实时分析，实现全过程品质可追溯。

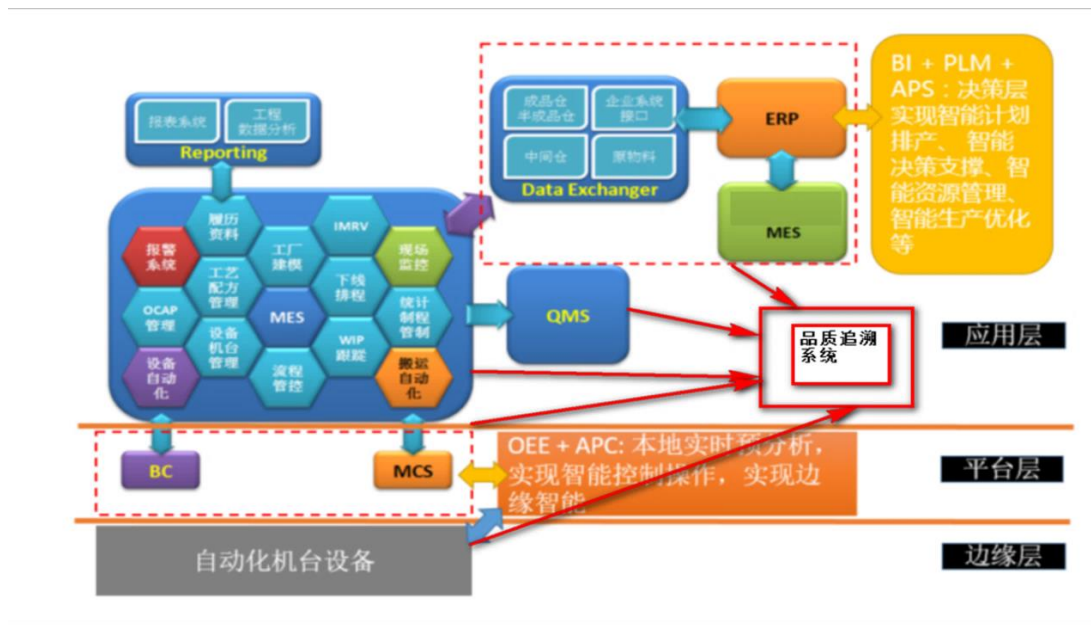


图 4-7 生产质量追溯实施架构

如上图是所有的记录生产流程中生产数据的相关系统和设备，在全过程品质追溯中，通过集成或采集 QMS（质量管控系统）、仓储系统、MES 系统、底层设备、搬送设备等系统和设备所有与生产相关的数据，通过对全生产过程数据的处理与模型分析，实现生产全过程品质监控以及质量问题的实时处理。

实施案例

中国电子集团下属液晶面板企业随着公司业务的增长和生产技术的升级,产品质量问题越来越多,异常品处理也越来越频繁,原有的产品追溯查询及处理流

程已经不能适应当前客户的需求,急需一套完善的品质追溯系统及时解决规避产品质量问题。

通过工业互联网相关技术,实现对车间制程设备、检测设备和搬送设备的数据采集,同时在数据处理层通过对应用系统的数据集成,串联各个系统各个生产车间的数据,包括生产前段的 FAB MES (在洁净室中的生产数据) 数据、MOD MES (在模组厂的生产数据) 数据、Report (报表) 数据、OEE (全局设备效率) 数据、WCS 中的在库和销售等数据。在整合上述全生产过程数据的基础上,依托液晶面板行业的相关知识,建立质量分析相关模型,实现对产品生产全过程的质量分析与预测,支撑应用服务层的相关应用来解决该企业产品的生产质量追溯问题。

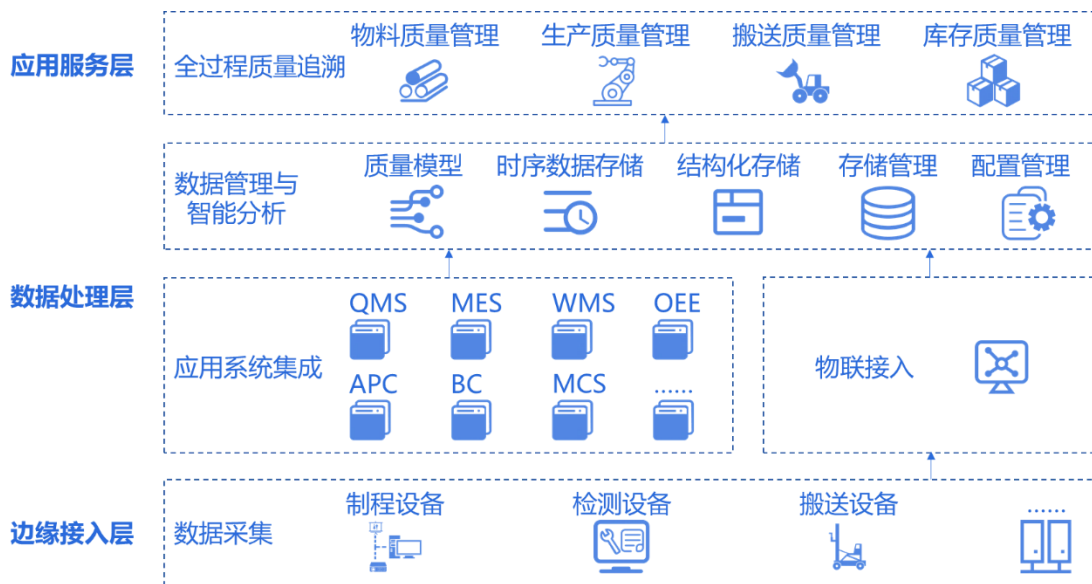


图 4-8 中国电子下属液晶面板企业生产质量追溯案例实施架构

该案例实施的重点在于“全过程”管理,通过工业互联网相关技术记录与监控产品生产过程中的所有数据,是实现实时监控,实时响应,实时管控的基础条件。通过实施全过程品质追溯,帮助该企业梳理了作业流程,改善了作业模式,避免了作业的疏漏与问题,实现产品高效安全生产。

实施全过程品质追溯后,达到了以下效果:

- 品质异常快速反应,由 1~7 天缩短为 1~4 个小时
- 品质异常处理接口统一化,所有跟品质相关的异常处理都在品质追溯应用上处理,方便人员操作
- 提升公司产品品质以及公司效益,通过实施全过程品质追溯,加快异常

处理，降低公司产品质量异常率，减少了质量异常导致的损失

- 通过实施全过程品质追溯，能够快速定位异常品分布，通过追回或者降级处理等措施，减少用户的损失，提升该生产企业的信誉。

5 钢铁行业工业互联网实践

5.1 行业基本情况及生产特点

钢铁制造过程流程长、工序多，既包括高温、周期不等的化学变化工艺过程（冶炼），又包括高速、负荷瞬变的物理形变工艺过程（轧钢），是典型的混合型制造流程，制造装备种类繁多、工艺过程极为复杂。经过上千年的演变和发展，形成了现代化的制造工艺流程，高度自动化的产线装备，基于大规模、标准化的制造过程管理体系，可以有效发挥装备产能，实现效益最大化并降低成本。

钢铁产品的贸易流通特征主要体现在交易行为的客观理性、供求关系的相对稳定性、产品需求的个性化、延伸加工的多样性、支付方式的复杂性、物流服务的专业性、金融杠杆的依赖性、大额资金收付与大宗实物交割风险防控的严密性以及诚信体系的重要性等方面，钢铁产业互联网的复杂性也因此较消费品互联网更为复杂，发展过程中必然面临更多的瓶颈和难点。如果处理得好，这些难点也将成为钢铁产业互联网企业走向成功的核心竞争力。

自上世纪 90 年代以来，我国钢铁工业取得了长足的进步，体现在先进工艺装备的基础上，钢铁企业在整体自动化和信息化建设方面投入了大量的资源，积累了非常多的信息资产。尽管面临着产能过剩、结构失衡，能源环境等巨大压力，总体上，在实现企业物流、信息流、资金流同步方面取得了显著的进步，有效的支撑了整体行业制造水平和能力的提升。主要表现在：

- 钢铁生产流程所有主工序装备均实现自动化控制，主要制造工艺实现了基于网络互连的多机组生产过程控制；
- 基本实现了自动化、过程控制、生产控制、制造管理的数据自下而上的贯通，由此实现管控衔接和工序衔接，使制造过程形成整体协同；
- 初步形成了产供销相结合的整体供应链体系，支持集中一贯管理模式，实现按合同组织生产。

上述工作，有效的支撑了一个规模化钢铁企业实现大批量、标准化、成本可控的企业运营。

5.2 行业对工业互联网实施的业务需求

消费者的偏好从注重质量、价格（成本）的二维模式向注重质量、性价比、个性化需求、快速响应的四维模式转变。制造者尚未很好的解决产品质量、产品价值问题，而伴随互联网发展，企业同时面对新的挑战：个性化需求、快速响应服务。

钢铁个性化制造的本质

钢铁制造装备的大型化是高效率、低成本的基础，目前尚无颠覆性的制造工艺创新以改变现状，通过提升制造管理的柔性来适应日益快速变化的用户需求，就显得极为迫切。用户需求个性化的特征是对产品和服务的质量标准、性能、外形、速度的差异化要求，追求亲自参与产品全生命周期过程的用户体验；而对钢铁制造企业而言，则主要体现在钢铁产品多品种、小批量、短工期、交货的灵活性。实现钢铁产品的个性化制造，解决方案就归结为“以大规模、标准化制造的成本来满足多品种、小批量的需求”，在现有工艺装备不发生重大创新的前提下，生产组织呈现出足够的柔性和灵活性；换言之，有必要找到一种方式和手段，能够在“钢铁制造大规模、标准化”固有本质和“小批量、多品种”的新特征之间找到一种平衡，从而即满足用户的需求，又使得制造企业可以获利，在价值链上公平地共享价值。而这主要是通过“软实力”来实现，除了服务领域的提升之外，最重要的是制造组织管理的智能化，即：通过软的手段来解决上述问题。工业互联网是一个有效的技术手段。

- 基于各种约束条件和未来工况预测做出最优的决策；
- 执行决策的制造系统要足够灵活，通过 IT 配置规则灵活调整工艺制造路径和过程；
- 物流调度环节的高效将是实现敏捷制造的关键，足以弥补制造环节可能的成本上升；
- 智能装备可以预判并相互“直接通信”，从而实时产生应对故障或弥补瑕疵的策略并赢得宝贵时间，降低某个环节异常对其他环节的影响，实现成本的控制。

同时，必须充分认识到：尽管大量新装备的投产使中国钢铁工业的工艺装备水平和产能达到了世界领先，但很多装备还处在“爬坡期”，这些装备还处在产量效益阶段，还没有或正在进入质量效益阶段，提升产品质量，尤其是质量的稳定

性还大有空间；提升钢铁制造的基础能力，包括质量标准、检验检测、自动化水平与生产效率、节能环保管理与绿色制造等，尤其是产品质量提升依然是行业现阶段的主要任务。质量、成本、效率依然是目前中国钢铁行业发展、参与全球竞争的基础，资源环境压力是钢铁行业面临的最大约束。

构建工业互联网以应对个性化制造

在构建企业工业互联和数据系统，以应对个性化需求和快速服务要求时，还有非常多需要不断完善之处。

（1）在工业物联和数据集成层面

- 生产主线设备通过常规仪表进行常规物理量的进行实时、准确数据采集尚有不足，主要体现在：部分工位和辅助生产线缺少有效的数据采集手段，或不能实时、在线、准确的采集数据；

- 局部物料和产品通过条码、电子标签等技术手段进行标识、识别和跟踪，但系统性、规范性不够；

- 厂内库区存放、出厂阶段的物料跟踪粗放、实时性差。

- 从工厂整体来看，数据自下而上按照漏斗方式进行处理和传输，基本打通管理数据链，但生产过程数据和设备状态数据仍然封闭在各专业系统中，不能实现数据的自由流动和共享，影响整体数据服务和大数据应用水平。

（2）在数据应用方面

- 作为现场装备控制的核心，冶金模型大多采用机理或经验模型，在应对高品质产品制造、多品种生产组织等方面，适应性和灵活性都显得不足，还有极大的优化空间；

- 在工厂级生产控制、制造管理中，具有自适应、自学习功能的智能决策模型鲜有应用，主要还是依托人的经验实现生产计划的制定和生产的组织，更谈不上规模化的质量在线判定、设备状态预测、高级优化排产、实时成本盈利预测等；

- 在数据分析和挖掘方面，建设了多层次数据仓库，支持经营管理分析、制造管理分析，但钢铁制造过程中产生的海量细粒度数据大部分沉淀在现场，逐步灭失，尚未从全局整合数据资源加以利用，更谈不上大数据应用。

鉴于上述现状，以工业互联网实施为抓手，实现一种快速提供承载个性化功能的高品质产品和服务的制造模式，建设“有智商的工厂”，是钢铁企业应对上述

挑战的必然选择。

5.3 总体实施架构

架构设计的基本逻辑

钢铁行业工业互联网跨越工业物联网和商业物联网。业务焦点是生产环节的提质增效和商务环节的生态服务。钢铁行业有一个通用实施场景的需求，即多场景系统融合智能工厂提质增效解决方案。

不论是企业内部还是价值链上的企业之间，应用的集成都需要开放的、标准的系统架构提供支撑，以便能够将生产工艺学、机械工程学、工艺过程、自动化工程、IT 及系统和网络等问题的讨论放在一起并寻求一个统一的解决方案。

构建企业工业互联网的目的就在于：打造充分互联互通的参考框架，实现无差异的数据流动和无障碍的流程贯通，其本质是数据流动的自动化、数据使用的透明化。

（1）架构设计的核心是数据

企业信息化建设已经进行了多年，成为企业运营的重要抓手和平台，是流程固化，并摆脱对特定个体的过度依赖。目前，难以想象一个具有一定规模和现代企业管理理念的钢铁企业，离开信息系统的支持如何运营。

工业互联网的实施是以数据的自动流动来解决由于个性化定制引发的复杂制造系统不确定性和多样性问题，提高资源配置效率。

企业运营希望能够对未来做出一定程度的预测并决策，在执行过程中具有某种柔性并自主协调，这主要是在清晰的流程定义的基础上，基于知识积累和自我学习，特别是在具有约束条件下由知识型的人主导并能够做到人机协作来完成的。

知识积累离不开数据，而架构设计的目的就是确保数据流动的自动化、数据使用的透明化，企业参考架构就是与数据的标准化表达有关的一系列技术，一个好的架构，本质上是数据表达方式的标准化，就在于数据无障碍的交互和流动，采用开放性标准是实现上述目标的重要原则。

（2）企业制造管理优化的重心是数据的运用

强调数据是设计的核心，并不是否认管理流程设计的重要性，在实践中，多数钢铁企业流程业务从功能到平台都已经非常成熟，已经跨越了以信息化实现企业制造管理流程的阶段，制造管理流程的进一步的优化，需要通过数据的运用来实现。

相较于流程业务中按照既定流程顺序逐个环节的传递数据不同，数据型业务不是按照流程，而是对一组或多组数据形成的集合进行处理操作，突出特点是：试图从数据中寻找未知的东西，称之为数据服务类业务，如：基于大量数据建立数据模型，或从大量数据中发现影响产品成本的关键要素等等。

两类业务对数据处理的方法和目标不同，对于开发与运行平台的配置要求不同。随着技术的发展，特别是对于数据价值重要性认识的不断深入，建设一个具备更强数据应用能力的平台已经成为可能，包括：汇聚更多类型、更大规模、更快速率的数据，配置功能更强、使用更便捷的算法工具，从而可以更加方便的快捷的进行数据的存储、检索、分析、挖掘、展示等，其目的不外乎是“从数据中寻找和发现更多的价值”。

总体实施架构

传统钢铁行业信息系统架构，围绕业务功能为核心进行构建。将业务功能抽象、聚合后，按分层模式进行架构，例如：从基础自动化(L1)、过程计算机(L2)、生产控制系统(L3)、信息管理系统(L4)、到数据仓库和商务智能(L5)，已经成为钢铁业界构建信息化管理系统的事实标准。各业务单元系统互相独立，数据逐级上传。这种模式系统交互简单，故障容易局限在较小范围内。但这种按部门、产线进行的“竖井式”管理，各区域业务人员仅仅掌握自己本区域的信息，无法掌控全局状态。由于专业系统的分割，管理业务需要跨不同系统层次逐级流转，难以做到“端到端”集成，执行效率很低。

基于工业互联网的理念，重新对钢铁制造 IT 系统进行规划和重构，从以业务为核心转向为以数据为核心，打造一个适合钢铁智能制造的高度集成化的平台。采用工业互联网的技术，使数据得以在整个制造系统和 IT 系统之间高效流通，形成制造的 PDCA 闭环。

近几年，钢铁企业积极探索工业互联网，通过纵向集成，实现企业内部灵活且可重新组合的网络化制造体系。将企业内各种不同层面的 IT 系统深度集成，不仅是信息系统之间，还包括：传感器、执行器、控制器与生产管理、制造和执行及企业计划等不同层面的集成，建立一个高度集成化的扁平化系统，实现企业内部信息流、资金流和物流的集成和融合。

新的系统总体架构设计以数据为核心展开，充分体现了数据获取的完整性，数据流动的灵活性和数据应用的便捷性，如图 7-1。

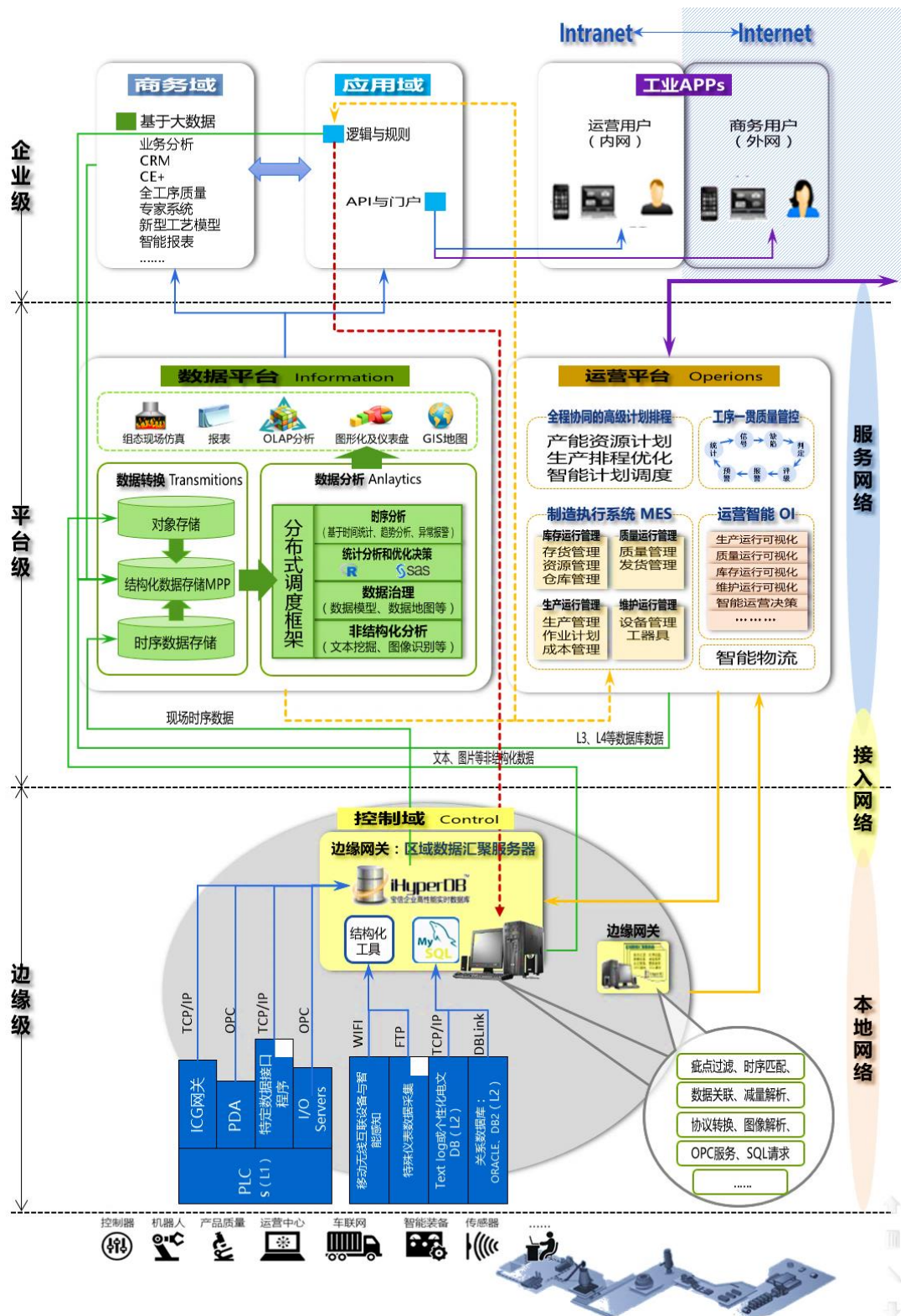


图 5-1 基于工业互联网的钢铁企业数据系统实施架构

钢铁行业面向工业互联网的系统体系架构，通过边缘计算实现海量制造数据的汇集，并由大数据平台实现数据的统一存储和处理。在大数据平台上根据数据的特征和业务要求，实现数据存储、传输和获取的标准化。同时，围绕大数据平台，通过工业互联网建立起一套应用的生态体系，除了制造过程以外，物流、仓

储、营销等系统之间,可以在这种扁平化的架构中实现数据无障碍地共享和交互。

(1) 面向工业现场的边缘计算级

边缘计算层主要部署在生产现场,采用本地网络与设备进行互联。在软件层面上,边缘计算的核心是实时数据库,可以快速处理现场收集的各种实时数据。

1) 对接工业现场的各类设备,根据不同的通讯协议,实现现场设备数据的采集和协议转换,通过高性能的实时数据库汇总;

2) 在网络边缘,利用现有的、或较低端的计算资源对现场各种类型的数据进行归一化处理,转换成统一格式的可处理的数据,消除异构数据带来的格式壁垒,统一上传到云端的大数据平台;

3) 边缘计算的功能可以是具体应用需求灵活配置,并与云端平台实现功能的合理分担,以节省网络和计算资源,降低投入。

(2) 部署云端平台,提供基于钢铁制造过程海量数据的服务

鉴于钢铁流程制造过程中数据的复杂性和业务需求的多样化,对云端数据平台具有非常高的技术要求。

1) 现有的消费互联网云平台不能完全满足企业的应用要求,钢铁企业需要自主研发适合钢铁制造行业特点的平台架构的功能,针对不同场景的不同数据类型,打造出细分领域的数据存储和计算服务;同时,通过开发配套软件打通不同数据服务之间的通道,并提供针对性的数据治理工具,实现在一个统一的大数据平台上的数据无障碍共享和利用;

2) 鉴于平台技术的复杂性,基于开源组件构建企业数据系统环境是一个好的选择。大数据平台构建在 Hadoop 系统之上,面向不同类型提供分布式存储,包括结构化数据、非结构化数据和时间序列数据的存储和处理;搭建分布式并行计算框架,通过内嵌丰富的算法包,实现对数据的计算和分析;

3) 数据服务是大数据平台的重要组成部分,它可以屏蔽数据与应用之间的不兼容性,使得数据应用变得更加便捷。

(3) 面向企业各种业务的应用系统

这一级的应用部署在云端的虚拟化环境中,可实现资源的横向扩展和高可用性。

1) 业务应用系统通过标准化的接口直接从大数据平台获取需要的各类数据,然后根据业务逻辑直接进行处理,借助大数据平台的计算框架和算法工具,实现

适合钢铁制造的各种复杂数据处理场景；

2) 在钢铁制造的全生命周期中，包括生产计划、物料、质量、成本管控等业务，均可以借助大数据平台的数据进行构建，同时通过一个整体的数据中心进行数据交换和信息共享。

与钢铁行业传统的五层架构相比，新的工业互联网平台极大地缩短了数据流转的链路，数据可以在扁平化系统中快速传输。同时，大数据平台的引入使数据汇总在一个大型的数据湖中，数据的存储、分析、可视化各个过程能够得到标准化的管理。而工业互联网的互联互通模式，使处于整个架构中的计算资源得到共享和平衡，一些重要的分析计算过程可以在极短的时间内获得结果。

5.4 细化应用场景一：现场数据采集与边缘计算

应用场景描述

通常，制造企业都拥有多个、不同时期投入、不同 IT 公司提供的独立开发的软件系统，这些软件都有自己独特的理念、青睐的供方以及专门的系统；除了技术的限制外，为了不影响在线系统运营，最简单的办法是：在多个低层级系统之上（或多个系统之外）构筑一个新系统，将所有低层级系统的数据按照既定的需求处理后上传，以实现数据共享并开发跨系统的应用功能，由此造就了系统层次不断增多，架构复杂。

（1）现场数据接入现状

当前以钢铁企业为代表的冶金自动化领域，其控制系统 95% 以上为国外品牌，以西门子、罗克韦尔为代表的各大厂商为主。

传统的多级多层网络架构，通过不同网段、不同层次采用网卡进行物理隔离，特别是采取一些专用的协议标准，以达到安全的目的，这除了技术的局限，更来自于传统的设计理念，导致相互隔离、封闭、标准林立（IEC 标准有 20 多种，使用超过 40 种），无法实现各系统之间充分数据流动和共享。

根据现场实际系统现状分析，需要接入区域数据服务器的数据来源如下（但不限于此）：

- 直接来自 PLC/DCS 等控制装置的数据是最主要的数据来源，实现对现场装备和制造过程常规物理量的实时检测和状态监控，包括：流量、压力、温度等；
- 特殊仪表数据采集，包括：质谱分析仪、表面检测仪等；
- Text log 或个性化电文；

- 关系型数据库 (L2): 对来自过程控制系统, 管理信息系统数据库的数据采集;

- 网关数据采集 (ICG 等);
- PDA 数据采集;
- 特殊 TCP/IP 协议编程数据采集;
- I/O Server 数据采集等。

(2) 现场数据向上递级传输现状

在开发和运行信息系统时, 需要花费大量时间和精力去处理、传达和交换信息, 非常低效, 是由技术和管理双重因素所致。现状是:

- 数据逐级上传, 以满足上层管理和决策需求;
- 数据都是根据既定目标进行处理和选择后进行传输的;
- 大量元数据的属性价值被过滤而不复存在;
- 同级或周边系统无法直接分享数据, 需要经过上位系统周转;
- 上位系统基于数据的决策以非实时的方式逐级下达并执行。

应用场景的实施架构

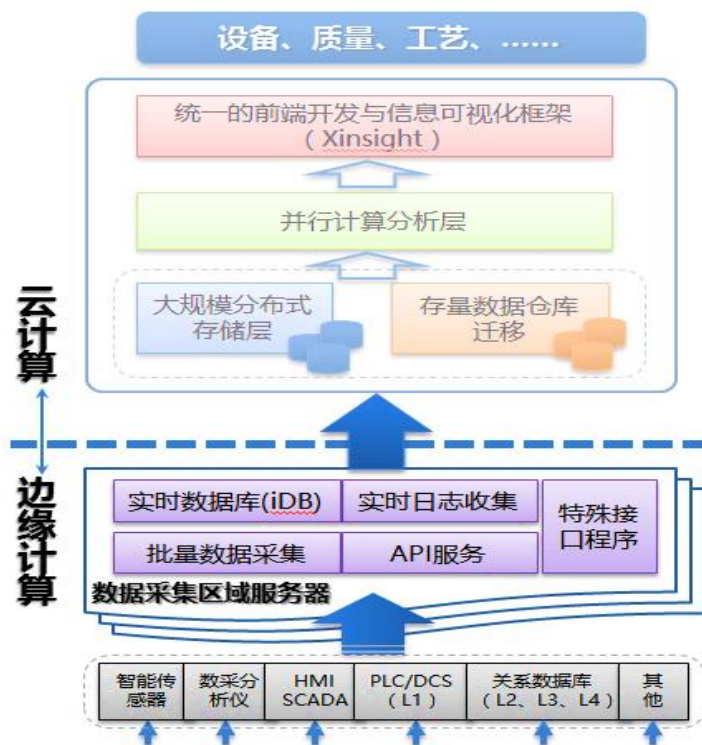


图 7-3 工业现场多源异构数据采集与边缘计算实施架构

(1) 现场数据采集

要兼顾两个重要的方面：

一是企业大数据要在云端形成相对完整、准确的数据存储，以便有可能运用完整的多源数据，发掘新的增值应用或解决传统数据应用中由于样本数据单一所解决不了的问题；

二是要兼顾计算和网络资源以及数据传输的有效性等，形成云端和边缘计算资源的合理和优化配置，即保留数据的原始属性，又避免无谓的资源开销。

（2）网络边缘互联互通

在现场级和车间级，主要实现底层设备横向互联以及与上层系统纵向互通的连接。

- 对现有基础自动化系统的通信方式进行改造，如以工业以太网代替现场总线；

- 现有工业装备或装置，如机床、产线等，增加网络接口；

- 对现有工业装置或装备附加传感器、执行器等增加与外部的信息交互；

- 对在制品通过内嵌通信模块或附加标签的方式，增加与工业系统的信息交互功能；

- 布署边缘计算节点，汇聚生产现场数据及来自工业控制系统如 PLC、历史数据库的数据、过程控制系统的数据，并进行数据的边缘处理。

相比传统的现场总线，工业实时以太网更加开放、便于集成，使用便捷，成本较低，具有明显的经济技术优势，因而工业实时以太网在工业控制领域越来越得到广泛的使用，是未来更适应智能制造的制造控制系统的网络首选。

OPC UA 作为工厂设备互联未来的首选。在工厂内部，对于新上线的设备和系统（包括工厂云平台），可首选采用 OPC-UA；以支持采用不同设备的厂商的设备和系统接入，以实现系统之间、机器之间的互联和信息交互，OPC UA 技术的广泛适用性使全新的垂直集成理念能够完全实施。

（3）区域数据服务系统

在接近现场，配置数据采集区域服务器资源，完成下列任务：

- 对来自现场的多源、异构数据的归一化处理；

- 向大数据平台进行数据传输的标准化资源配置；

- 利用边缘计算资源对数据预处理功能的标准化。

制造工序的所有数据均由本区域配置的数据服务器统一汇聚处理，从而可以

在区域确保数据的时空一致性、确保数据基础模型的一致性。

首先按照厂部配置，如果一个厂部范围由于产线多、数据复杂等因素，单台服务器无法满足，可按照相同标准配置第二台，数据接入可按照产线（工序）来划分，原则是：同一产线的相关数据接入同一台服务器，以便数据模型的管理。

宝钢股份钢厂热轧试点示范项目应用

宝钢股份钢厂智能车间项目是 2015 年工信部试点示范项目中首个钢铁行业示范项目。自 2015 年正式启动，进行了大量的策划工作，除了规划完成的各项应用功能外，数据的采集和边缘计算资源配置是一项具有探索意义的工作，由此，解决了企业数据系统构建过程中诸多技术问题，形成了若干数据采集、接入、传输的标准和规范，探索了边缘服务器资源设置的若干规则，为宝钢大数据平台规模化建设打下了坚实的基础。

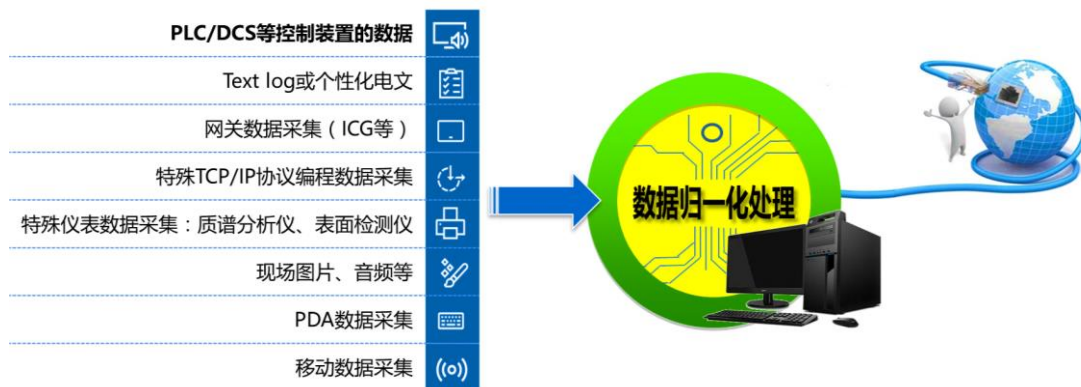


图 5-4 宝钢股份热轧智能车间项目中现场多源异构数据采集与边缘端归一化处理

(1) 工业现场数据采集与接入

- 各类 PLC 系统中时序数据采集：通过工业网关 ICG 连接进行协议转换，适用于特殊的协议，如：电力 104 协议，MODBUS 协议，再通过 ICG 提供的 OPC 传送到边缘服务器的实时数据库；
 - 采用数据库抽取方式从 L2 数据库获取数据，传送到边缘服务器的关系数据库；
 - I/O Server、PDA&FDAA 的数据通过 OPC 接入数据到实时数据库；
 - 对于某些需要高速实时采集或难以通过配置实现数据采集的场合，编写 tcp/ip 通信接口电文程序实现；
 - 特殊仪表的数据采集，需要编写 tcp/ip 通信接口电文程序；
 - 图像、声音、视频以 ftp 文件方式传输。

(2) 区域数据服务系统构成

边缘计算服务器对硬件没有特别的要求，主要根据区域数据处理和功能进行设计和配置，尽可能采用相同的标准配置所有区域的数据服务器，包括硬件、软件和功能，从而降低个性化开发的成本，便于扩展和维护。数据中包括了非结构化数据，在网络带宽要予以保证；信息安全是一个特别要予以考虑的问题。

区域数据服务器的软件环境配置是重点，其核心是高性能的实时数据库；商用的大型实时数据库代价极高，可采用自主开发的高性能实时数据库 iHyperDB，现场所有时序数据，通过配置建立好连接方式及存储参数后，所有选定的实时数据会自动传输至实时数据库中并作为原始数据存储。实时数据库可以根据数据变化的规律选择按时间周期存储和按事件方式处理数据，配合客户端的过滤技术，整个实时数据库应达到千万条记录/秒的极高存储能力，确保本工业现场接入对数据的响应要求。

数据处理、匹配、管理采用批处理软件，如：iBatchCube，可以将现场原始数据根据业务规则形成与生产相关的批次数据，并提供全面的批次管理和清晰的过程可视化功能，在此基础上，将批次数据通过不同的接口发布给相关的应用系统，为后续数据分析和挖掘提供基础。关系型数据采用开放式关系型数据库，如 MYSQL 等，进行数据存储；配置 ETL 引擎，以便从过程计算机（L2）关系数据库表中推送数据到大数据平台。基于 TCP/IP 的 SOCKET 通信采用 iXComPCS，主要用于和相关 L1 及 L2 的数据通信。在某些应用场景，需要对区域内制造过程与装备的状态实时监控，本服务器可兼做 I/O 服务器，则需要配置 SCADA 软件，如：iCV 等。

(5) 数据服务功能构成

利用区域数据服务器的边缘计算能力和软件工具，对汇聚于服务器节点的所有现场数据进行分类预处理。（如图 7-5）



图 5-5 区域数据服务器的功能定义

实施效果

本项目是首个按照全新的实施架构构筑的数据系统，通过 1580 产线示范项目，所有的技术都获得了验证，所有的功能均得以实现。

宝钢股份大数据平台正在建设完善中，在边缘侧，采用了本项目验证的架构和技术予以实现，所有数据获取均获得了性能上的保证。

本项目不仅支撑了 1580 试点示范项目的执行，也为后续在其他工序进行推广打下了坚实的基础，可以方便的以标准化的形式进行快速的推广和部署实现。

5.5 细化应用场景二：轧机振动监测及抑振技术研究与应用

应用场景描述

（1）问题现状

轧机是一个复杂的机电液耦合的大型系统，其动力学状态与各子系统间的耦合作用非常密切，数以千计的结构部件通过机、电、液等相互作用耦合，在带钢加速和减速过程中，会不可避免地引发一些共振条件，导致系统产生大的振动。

由于轧机机组设备不同或者生产钢种、生产工艺的不同，因此各机组轧机振动特性也会有所不同，引起轧机垂直振动的原因有多种，凡是能对轧机系统造成冲击或引起作用力变化的因素都可能导致轧机振动的发生，如：乳化液状态、传动系统、辊系状态、压下系统及张力等，以及相互之间的耦合作用，所以，轧机振动是制约机组产能及产品表面质量的一大现场难题。

国内外不少学者、国外知名公司都从不同角度去研究轧机振动的技术和产品，但效果不尽人意。

（2）解决问题的迫切性

冷连轧机高速轧制过程中普遍存在和期待解决的问题，也是世界范围内困扰各大钢铁企业的技术难题。根据生产经验，通常轧制速度越高、材质强度越高、带钢厚度越薄，轧机越容易发生振动。轧机振动会给生产带来许多问题，包括：

- 产生振动纹缺陷，影响带钢表面质量，或造成带钢厚度波动；
- 振动导致设备磨损加快、辊耗增加，影响设备使用寿命；
- 振动严重时甚至造成断带堆钢，造成轧机停机、换辊；
- 影响轧机生产效率，限制产能发挥，成本上升。

应用场景的实施架构

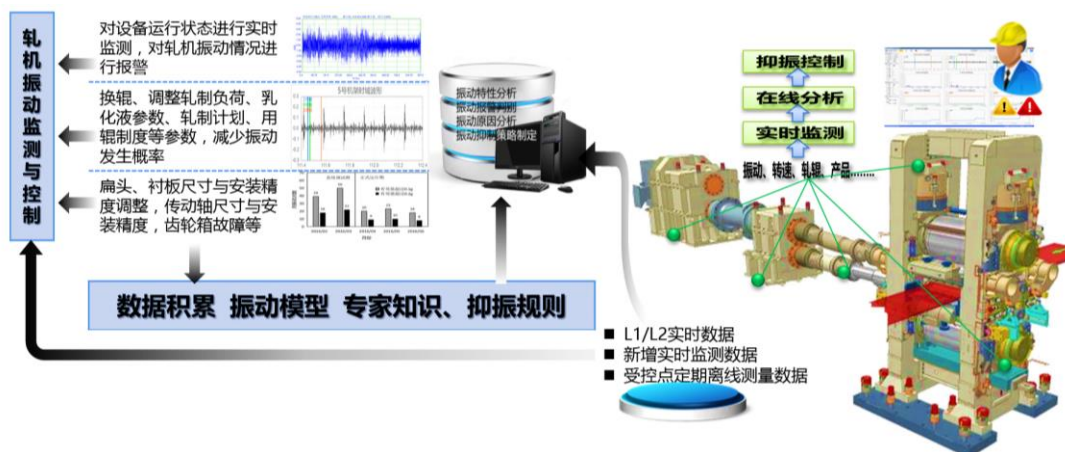


图 5-6 轧机振动控制系统功能示意图

解决上述问题的行之有效方法是:实时监测轧机各机架振动和轧辊转速情况,对振动信号进行实时分析处理,预判轧机运行状态并及时给出抑振控制策略。

(1) 轧机振动数据采集与监测

首先通过加装加速度传感器采集轧机振动信号,同时直接采集轧机主电机的转速、剪切信号等,送到边缘服务器对数据进行处理、计算、分析、存储与报警判断等,从而实现轧机振动的监测与报警功能;并计算出轧制距离、机架线速度、带钢累计轧制距离等,从L2系统获取钢卷信息和轧辊信息等,当轧辊信息更新时,可保证系统能及时获取到最新的轧辊信息。

(2) 轧机振动数据分析与抑振控制

当轧机机架表现出共振趋势或振动级别超过一定程度时,则及时预警,提醒操作人员,并给出相应的参考控制策略,向轧机控制系统发送控制命令来抑制振动,从而有效抑制轧机振动危害;这些措施将从一定程度上消除振动源并显著降低轧机振动发生的频次,从而解开了束缚轧机产能发挥的瓶颈,有利于生产提速。同时通过其量化的监测结果,可以有效避免传统人工主观判断所存在的漏判错判现象,避免缺陷产品流入到下道工序或用户;此外,根据所监测到的振动波形特征,可以分析振动原因并采取调整设备机械、工艺、电气等方面的措施,再结合轧机振动的实时监测结果来验证消除振动措施的效果。

轧机振动与抑振应用功能设计

(1) 轧机振动特性分析

对所监测到的轧机振动数据进行分析整理,研究该轧机的振动发生规律特点,分析查找可能存在的影响因素,如辊缝润滑状态、机械设备缺陷、外部传递、设

备间隙、轧辊磨削质量等因素。

借助于本轧机振动监测系统持续的在线监测结果和历史数据存储及回放功能,可以方便的对现场的轧机振动情况进行跟踪,对现场振动数据进行分析统计,通过对振动数据的统计分析,可以找出机组的主要振动特性:包括振动发生的机架位置、伴随振动形态、振动频率分布区间、振动最常发生频率等。

通过分析,发现如下振动规律:易引发振动的因素包括:在制带钢厚度、轧制变形量、以及工作辊辊面磨损程度等。

(2) 轧机振动报警判别技术

报警线需要参考大量的历史数据加以设定,不合理的设定会造成系统误报或其他异常情况出现。一般来讲,随着轧机速度的增加,所监测到的无序杂乱振动信号幅度也会增大,其表现为轧机的整体振动能量会有所增加,其容易发生共振的频率也会由于转速的增加也会有所增加,因此在设计振动报警模型时,通常需要考虑速度的影响。

(3) 轧机振动原因分析技术

导致轧机发生振动的原因有多种,针对各种原因所要采取的抑振措施都有所不同,如何根据所监测到的轧机振动结果来判断是什么方面的因素导致的振动较为关键。

通过数据,实现对导致轧机发生振动的原因追踪分析是极其重要的,包括:润滑状态引起的振动、辊系故障引起的振动、来料问题引起的振动、其他因素引起的振动等。

(4) 振动抑制策略制定

结合轧机振动情况分析结果和现场实际生产工艺参数,初步判定引起轧机振动的主要因素,并通过采取生产工艺参数调整、乳化液参数调整、设备间隙调整、轧制负荷分配调整等手段来验证其对消除轧机振动的效果。

实施效果

本系统上线后,借助高灵敏度传感器,能够清晰准确的测量轧机振动,并在轧机振动程度较轻时就提前发出振动报警,使操作工可以在振动发生初期即进行处置,避免了由于环境嘈杂对故障判定的滞后和依赖人工经验判定而导致误判和漏判的不确定性。系统正式投入运行后数据表明:该机组的月平均振动次数下降了约 50%左右,并产生如下的效果:

- 依据轧机状态适时、适当调整轧制速度，充分发挥轧机产能；
- 避免或减轻振动纹缺陷，大大降低对产品表面质量的影响；
- 比对历史数据中缺陷信息与振动监测数据，可以将振动信息与缺陷信息对应起来，对振动纹缺陷做量化评价；
- 对轧机辊系状态进行实时监测，通过对关联数据的自相关性计算，实现辊系故障的自动判断；
- 数据回放系统可以有利于相关产品缺陷信息的回溯。

5.6 细化应用场景三：实施集成客户的制造工程

应用场景描述：钢铁供应链上下游协同现状

随着世界贸易和经济一体化的不断发展，全球市场竞争日趋激烈，企业与企业之间的竞争已经发展为供应链与供应链之间的竞争与合作，各大钢铁企业纷纷探索尝试在供应链领域与上下游企业展开了多种形式的业务协同，建立战略合作关系，发展利益共同体，以期在日益严峻的市场竞争压力下争取生存和盈利的机会。

但是，多数还仅停留在电子商务业务方面，各类客户通过在上游企业（多为钢铁企业）提供的平台上，订购期货或者现货，再根据生产需求和生产组织方式进行委外加工等，较以往传统的销售模式而言，供需之间增加了基于互联网的电子商务交易平台，但在产业链协同上，并没有本质上的变化，上游企业的生产和下游用户的需求链并没有打通，下游企业为了保证生产，需要贸易单位等提前采购保证库存。总体来看，上下游产业在局部方面有强化和升级，但是打通整体产业链方面还存在很大的提升空间。

目前，在企业工业互联网建设方面，呈现出下列情况：

（1）钢企建立了完善的企业内部数据总线，努力打通企业内部数据孤岛；但在与下游客户企业之间的数据传输壁垒仍然存在；

（2）由于信息不对称，导致厂内制造与厂外渠道在供应链协同上存在诸多盲区：厂内制造关注未来品种结构、订货稳定性，重心是集批、瓶颈、小炉次需求，催交订单紧急程度和优化排序；厂外渠道关注订单交付时点的不确定性，紧急催交缺乏保障，技改、年修影响无预判；双方的关注点和中心不同，无论用户计划波动经从渠道加工中心向制造单元传递，还是制造变更经渠道向下传递，均为串行传递方式，沟通协同和风险应对效率低；

(3) 订单交付二段式管理，管理系统多，存在信息落地，未实现全程信息实时共享、可视；订单交付模式单一，全程供应链周期超长，渠道库存超高，市场响应速度及供应链抗风险能力弱化；

(4) 迫切需要建立企业间的数据交换标准与规范，真正实现基于工业互联网的跨业务界面、跨信息系统得基础代码定义及转换的标准化，支撑全程供应链业务流程、管理职责的标准化，以及全程供应链分段目标周期标准化、断点管理标准化，实现集成客户的制造工程。

供应链上下游协同商业模式创新

以智慧制造的理念和方法推进供应链协同，研究以用户为中心，基于全程供应链协同模式，实施“按需求拉动组织生产”，提高交付精度、缩短交货周期、降低供应链库存，实现低库存成本、低资金占用、高效率响应、稳定可靠的供货保障协同解决方案，巩固并不断提升在供应链安全性和保障性方面的竞争优势。

作为多个行业工业原材料的重要提供商，钢铁企业正在或者已经在与多个下游战略客户实现基于价值共享的横向集成，这一举措凸显出商业模式上的巨大创新，形成了基于工业互联的集成客户制造工程。

随着工业互联网技术的发展，钢企已具备促进最终用户企业与钢企业生产直接对接，转变传统的以产定销的模式为以销定产，实现即时生产，提高钢铁产业链的整体协同制造效率的基础条件。

应用场景的实施架构

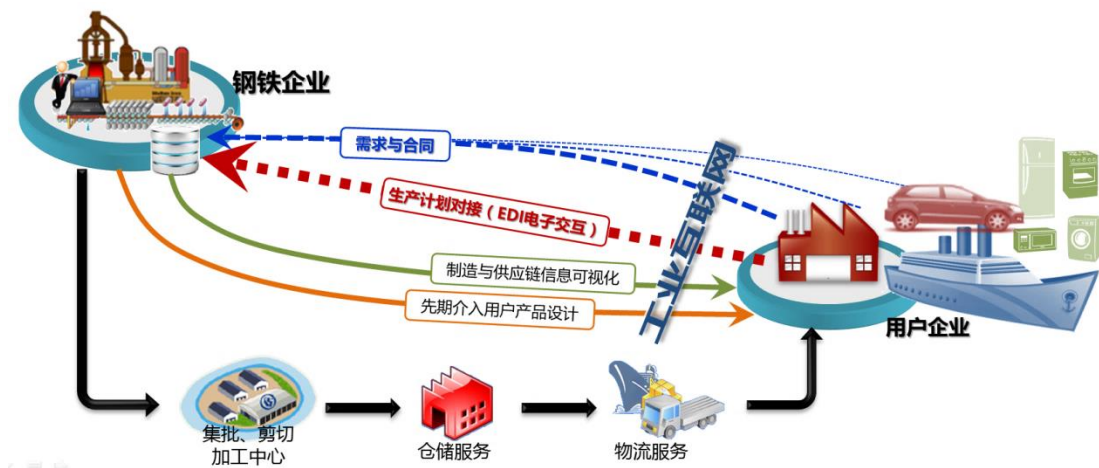


图 5-7 钢铁与下游客户企业供应链协同系统

需求与目标

通过 EVI 介入下游用户的早期研发阶段，充分了解用户对产品的要求，便于

上游产业先行研发相关产品，从而为用户提供更高产品和提供差异化的个性化服务。

利用 EDI 技术，实现企业间数据实时的、高效的、安全的在线交互，通过 EDI 技术在汽车、造船、家电等行业的应用，形成钢铁产业链在下游客户行业的 EDI 标准。

建立以敏捷制造、虚拟制造、网络数据交换为基础的协同制造平台，使供应链上下游的企业和合作伙伴共享客户、设计、生产经营信息，从而最大限度地缩短生产周期，快速响应客户需求，降低供应链库存；提高设计、生产的柔性，提高产品设计水平；降低生产经营成本，提高质量，提高客户满意度。

- 重点客户实行全程周期管理，分段标准周期精细化，覆盖对订货、制造、发货、在途、仓储及加工配送全过程；
- 对供应链库存动态监控和多级预警响应，通过移动互联将供应链库存变化和多级预警及应对建议智能推送至相关方；
- 打破传统客户按月订交货模式，按客户需求进行拉动式订货管理；
- 通过提前了解客户连续生产计划及后续用钢需求，结合厂内生产组织优化限制，合理安排订单集批节奏；
- 在厂内按周交货精度保障、全程库存/周期管控的前提下，实现供应链全程低库存、短周期、高效率的滚动供货和快速响应，保证用户供料。

系统关键技术

实现定制配送的基础是实现钢企与下游企业之间数据通信与数据传输标准的统一。利用 EDI 数据集成技术、高级计划排程技术、智能化数据采集与物联网网络传输以及移动应用技术，实现用户需求向钢企生产系统的对接，以及钢企生产订单兑现的进程及时反馈给用户。关键技术点包括：

- 基于制造云平台技术，设计和构建多层次、跨平台大规模异构计算机协同制造系统；
- 研发供应链计划的协同技术，实现钢厂与下游战略客户企业间订单、质量设计、材料设计、生产计划、物流信息的贯通对接，以客户需求计划直接驱动钢铁企业制造、物流过程；
- 利用 AI 技术，形成高级智能排产、组批、剪切模型，提高材料使用效率；
- 广泛采用标识自动化配置和识别技术，实现物料配送与产品的定位、跟

踪、控制等功能，并实现精准物流调度和配送；

- 电子质保书管理：钢厂生产产品的认证体系数据、钢厂与用户间的数据互联互通，通过机密机制实现用户自助式对产品质保书的打印，规范钢厂与用户的产品编码体系，实现产品全生命周期追踪。

集成客户的制造工程实施案例

(1) 钢企与下游汽车整车厂供应链协同

这一商业模式创新的经典案例来自宝钢与下游汽车整车企业的全程供应链协同，贯通业务流程及系统流程，其中双方生产计划的自动对接和协同是核心，基于宝钢制造单元内部按周交货、合同全程跟踪管理，以及渠道公司、汽车板销售部服务客户、预测需求、组织订货、断点及库存管理的能力，实现汽车用户进行需求拉动及全程周期管理，从而实现分散业务链的高效集成和快速互动响应，制造到客户端的全程供应链合同按需交付，全供应链周期压缩与库存降低，全供应链信息实时共享、可视。

(2) EVI 早期介入

通过开展 EVI 项目，钢厂与下游用户零距离接触，尽早明确用户的个性化消费需求，再根据需求研发，用技术生产个性化产品，避免产品和市场需求之间可能存在的脱节，摆脱同质化产品的恶性竞争，将营销真正有效结合到产品研发中去，有助于实现上下游企业共赢。

- EVI 项目涉及 EVI 基本信息管理、程序启动管理、车身设计管理、模具开发管理、车型投放管理、批量生产阶段管理。

- 实现 EVI 信息及时传送，当下游相关产品相关设计信息、生产计划等信息发生变化时，及时传送到上游企业中。

- EVI 技术支持库：包括建立钢铁行业供应链各环节的新材料、新技术知识库；结构轻量化支持；建立安全性知识库；耐磨知识库支持。

(3) 智能订货预测

包括产品设计协同、生产计划协同和需求自动预测生成。

- 产品设计协同：跟踪管理汽车及家电大客户的所有产品信息，按照客户管理模式建立产品信息库，以及建立相应的零部件清单模块的基础数据库，通过产品设计协同，建立汽车车型、家电产品的 BOM 表。

- 生产计划协同：对汽车及家电用户不同时期发布的产量计划按版本进行

管理。依据用户来年的生产状况，建立每个汽车及家电厂的年度产量计划档案；月度订货阶段，比较年度计划以及最新计划之间的差异生成钢材的采购规模和采购结构；根据用户月度实际产量制定钢材库存计划；对用户新产品的量产计划，意味着钢材采购的增量，提前做好供货的各项准备。

- 需求自动预测：对于实施供应商管理库存的钢铁生产企业，实现对其客户月度用钢需求量的准确预测，以及保证较高的实际订货满足率，是保证客户正常稳定生产的首要条件。为此，需要建立高效可靠的用钢量需求预测模型，并结合客户定期发布的生产计划，得出最终的预测结果。然后根据结果进行企业生产计划的编排和对理论订货量等的计算。

（4） 智能配送

实现钢厂交付原卷到加工配送中心，并按照客户的拉动计划自动生物流配送计划，并可实现各个关键业务节点的全过程监控预警，使物料能够以最合适的时间，最准确的数量交付到客户的制造车间。

- 资源管理：物流商资质管理、运输资源管理、仓储资源管理；
- 车辆调度模型:以月台调度智能排序为目标，针对车辆和仓库量大影响因素，制定最优装车方案，提高仓库货物配送率，缩短装车时间；
- 计划与执行：根据用户生产计划安排、在途材料、现场库存等动态信息，计算用户产品使用计划（即要货计划）；根据要货计划，系统智能配卷，并自动生成第二日发货清单；

（5） 预警处置

- 原料断料预警：实时获取车型所有的库存信息，包括原卷库存和成品库存等，结合车型产量计划，自动计算出断料日期；自动查询其对应的合同进程信息便于进行催货，或推荐出可用于替代的材料信息。

- 成品断料预警：根据用户的要货计划结合目前的成品库存量及物流运输时间，自动测算出成品断料的时间，并进行分级预警，对于发生警报的零件会自动安排加工中心的生产计划进行补料，并实时监控工厂生产情况。

（6） EDI 数据交互

供应链 EDI 功能模块主要包括采购订单模块、采购合同模块、合同变更模块、合同执行状态模块、发票模块、生产状态模块、出厂状态模块、发运信息模块等多个模块。

（7）移动可视化

- 面向承运商，采用手机移动终端、PDA 扫码器等移动手段，将运输过程进行分阶段、分模块、分角色进行分析，从事后管理向过程管理进行转变，进行大数据收集、分析，并能将跟踪发现运输过程中质量、安全、系统中存在的问题实时快速解决，保障运输过程安全稳定顺行。

- 面向物流计划人员，通过移动智能终端的方式向用户提供便捷的物流（产成品）信息获取窗口，使用户能够减少物流信息获取环节、避免信息流转过程中滞后问题、及时掌握最新物流事件，提升服务战略用户的能力，提高用户满意度

细化应用场景四：船板定制配送 C2M+JIT 应用

应用场景描述

随着工业互联网技术的发展，钢企已具备促进最终用户企业与钢企业生产直接对接，转变传统的以产定销的模式为以销定产，实现即时生产，提高钢铁产业链的整体协同制造效率的基础条件。

在船板“分段定制配送”过程就是典型的钢企定制化生产的经典案例。船板“分段定制配送”是船厂以精益造船的模式进行设计，船厂提前 2-3 个月将设计规格交给钢厂，钢厂按 Just In Time（JIT）的方式组织精益生产，采用组板技术进行定制轧制，在船厂计划使用前一周，完成生产并按船号、批次号、分段号堆垛集批，并严格按顺序送达船厂。该设计方式船厂钢材利用率最高，但设计规格由传统的每条船 500 个规格左右上升到 2000 多个规格。

问题现状

船厂处于去产能化过程，个性化的需求不断提高，需要钢厂提供分段配送服务，即按船号、批次号、分段号堆垛集批，按船厂生产进度分段送货，存在大规模生产与小批量多品种定制的矛盾；钢企建立了完善的企业内部数据总线，打通企业内部数据孤岛。但在与外部船企之间的数据传输壁垒如何打破，建立企业间的数据交换标准与规范需要解决；船企需要对自身的订单产品进行全流程跟踪，对钢企产品生产与跟踪系统要求很高。

应用场景实施架构

从客户定制化需求出发，运用云计算、互联网、工业大数据、物联网、移动应用、智能制造等新技术，对钢铁企业进行管理和系统集成创新，构建融合客户、钢厂、加工配送企业、物流企业，面向客户的协同供应链、智慧物流、冶金全流

程质量管控等应用系统的制造云平台，构成一个完整的“JIT+C2M 定制化准时制交付钢铁企业全流程协同制造系统”。

架构设计示意图如下：

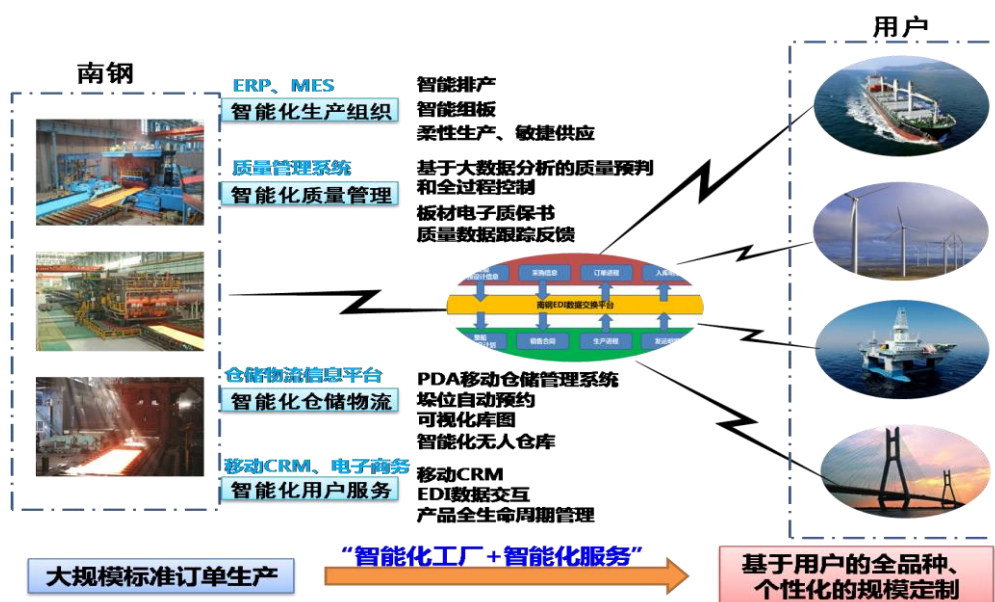


图 5-8 钢铁与下游造船企业供应链协同系统架构

船板定制配送 C2M+JIT 应用系统

系统关键技术点：实现定制配送的基础是实现钢企与船厂的数据通信与数据传输标准的统一。利用 EDI 数据集成技术、高级计划排程技术、智能化数据采集与物联网络传输以及移动应用技术，实现用户需求向钢企生产系统的对接，以及钢企生产订单兑现的进程及时反馈给用户。关键技术点包括：基于制造云平台技术，设计和构建多层次、跨平台大规模异构计算机协同制造系统；研发供应链计划的协同技术，实现钢厂与船厂等大客户间订单、质量设计、材料设计、生产计划、物流信息的贯通对接，以客户需求直接驱动钢铁企业制造、物流等过程，实现了真正意义上客户驱动的供应链协同；利用 AI 技术，形成高级智能排产模型，如：‘一坯多订单组板’、‘马赛克式组板’、‘多排列组板’等综合组板技术，降低了非计划附带，提高了坯料设计效率；生产过程广泛采用二维码、电子标签和移动扫描终端等自动识别技术，实现物料配送与产品的定位、跟踪、控制等功能；基于移动应用技术，构建跨平台的移动应用系统，实现传统业务由 PC 端向移动端的迁移，提高协助效率。

系统功能：本系统包括订单管理、综合生产管理、可视化库存管理、PDA 移动仓储物流管理、电子质保书管理、看板管理以及移动 CRM 管理等。

订单管理：对于分段配送订单，根据业务需求在订单的主档增加“是否定制配送订单”，以区分板材定制配送和非定制配送订单，便于生产管理；根据用户业务需求，在订单建立的定制配送销售生产管理流程。

综合生产管理：通过高级计划排程，结合‘一坯多订单组板’、‘马赛克式组板’、‘多排列组板’等生产计划排程模型，实现工序的自动优化排产。此外利用产品标识管理功能，实现产品信息的全流程生产跟踪和全流程生产质量控制。

可视化库存管理：建立钢厂仓库全景地图，以地图形式显示全厂板材仓库位置、库存量、库存状态等信息；并可链接到各仓库货场全景。建立货位立体图，提供可视化 3D 模拟存货图，显示板材尺寸、堆放的层次、对应的订单、船号、分段号、交付编号、交付日期、轧制号、生产日期等信息

PDA 移动仓储物流管理：PDA 移动仓储物流管理系统，主要包括权限管理、垛位管理、转库管理、发货管理、接口管理等功能。

电子质保书管理：实现钢厂生产产品的认证体系数据、钢厂与船厂用户间的数据互联互通，通过机密机制实现用户自助式对产品质保书的打印。此外，建立钢厂与船厂用户的产品使用编码规范，实现钢厂对生产产品的全生命周期追踪。

看板管理：以产品分段配送为核心的 JIT 生产模式的看板管理系统，建立看板管理体系：

- 根据各工序标准时间，开发标准工序作业时间标准
- MES 系统接收订单时，生成各工序作业时间
- 分段配送进度跟踪表，整体进度跟踪，工序超期报警，明确原因
- 产品分段配送订单跟踪表
- 生产计划看板
- 生产厂看板
- 配送库仓储看板
- 移动 CRM 管理

按照船板分段配送要求，建立移动 CRM 系统（客户服务为主）。通过系统，客户通过指定的 ID 登陆，可查看本企业在南钢签订的合同情况，及合同的整体生产情况，入库情况，发货情况。

实施效果：通过 PDA 手持终端，辅助现场进行仓库管理，提高入库、倒垛、发货作业效率，信息流与实物流保持一致，仓库管理人员的工作效率得到提高，

误差率大大降低，合同兑现率得到进一步提高；通过可视化库存管理，用户可以很直观地查看仓库钢板情况，提高现场管理水平；通过移动 CRM 系统，客户随时随地可通过移动终端（手机、平板等）查看合同的生产、交付情况，并通过移动 CRM 实时与钢企销售专员进行对接反馈，通过互动的不断深入，大大加大了客户与钢企的黏性，逐步提升南钢客户满意度；利用高级计划排程能力发挥钢企产线的生产优势，通过系统的持续优化，大大降低计划附带，提高合同的交付率。

6 高端装备行业工业互联网实践

6.1 行业基本情况及生产特点

高端装备制造行业是我国战略性新兴产业的重要组成部分，是装备制造产业中技术密集度最高的产业，处于产业链的核心部位，属于知识技术密集型、多学科多领域交叉行业，具有很强的竞争力。目前，我国高端装备制造业水平大幅度提升，一批重大装备和技术成果不断涌现，正稳步向自动化、数字化、集成化、网络化和智能化发展。

根据国务院 2010 年出台的《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，高端装备制造业主要包括航空产业、卫星及应用产业、轨道交通装备业、海洋工程装备以及智能制造装备五个细分领域。

本报告不用局限于这 5 个行业。我们认为，只要具备技术含量高、生产过程复杂、产品价值高（生命周期长）这 3 个特点，就属于高端装备。

高端装备制造行业，主要有以下特点：

一是产品的技术含量特别高。高端装备的研发设计环节非常复杂，往往会涉及多个专业（甚至数十个专业）、大量的研发人员在线协同，每个专业都有不同的研发设计软件。在产品的设计阶段，不仅要利用许多高精密的设计工具实现功能的设计，还需要模拟实际运行过程中的各种外部条件，对设备进行模拟；同时，还需要结合生产过程中积累起来的质量记录，优化产品的面向生产的设计能力。

二是生产过程特别复杂。虽然属于离散制造，但高端装备制造的生产过程同传统的离散制造却又有很多的不同。高端装备制造动辄会有数千种零部件，无论是在原材料还是在生产工序上，都提出了非常高的要求。一方面，在供应链管理中，既要求尽量采用灵活的零部件管理来降低运营成本，又需要保证交付的速度；另一方面，设备的运维、不同水平人员的调配，都要求生产任务需要根据不同实

际情况实时进行调整。

三是产品的价值高、生命周期长。高端装备的产品单价非常高，从数十万到数十亿不等，工业机器人的单价在数十万到数百万之间，发电设备的单价则达到数千万，飞机、卫星的单价则高达数亿、数十亿；产品的寿命很长，一般都超过5年，甚至达到20-30年，或者更长时间。因此，对高端装备提供全生命周期的远程售后维护，非常有意义，不仅可以为高端装备的使用方提供了智能化的产品维护，而且可以为高端装备的生产企业提供新的收入来源。

6.2 行业对工业互联网实施的业务需求

根据高端装备制造行业的特点，对工业互联网实施的业务需求也非常明确，主要是以下3点。

一是在产品的研发设计阶段，实现涉及多专业的高效协同研发。高端装备制造业往往涉及跨专业、跨企业、跨地域的网络化协同制造技术，根据产品研制需求，动态组建项目团队，能够充分发挥企业本身优势，并且最大化地利用协作团队的资源与技术，从而快速高效地研制产品，对于提升制造企业研制能力、提高产品研制质量都具有重要意义。

二是在产品的生产制造阶段，实现复杂生产过程的管理，有效提升产品的生产质量。智能制造技术将云计算、物联网、大数据及人工智能等新一代信息技术与产品全生命周期活动的各个环节（设计、生产、检验、管理和服务等）相融合，通过关键生产加工环节智能化、数据传输集成化、范在网络互联化，实现自主感知制造信息、智能化决策优化生产过程、精准智能执行控制指令等，提升产品生产过程自动化、智能化水平，提高制造效率，降低能耗、人工成本等，是个性化、定制化生产的内在需求，对于推动制造业转型升级具有重要意义。

三是在产品的售后阶段，通过工业大数据的技术应用，进行服务化延伸，提供覆盖高端装备全生命周期的远程智能维护。云制造融合发展了网络化协同制造和智能制造，以按需服务的方式提供虚拟化制造资源/能力，以多学科虚拟样机工程为基础，打通产品研制全生命周期制造资源集成接入和产品价值链网络化协成通道，实现覆盖制造全产业链和全生命周期的社会化协同制造。除具备网络化协同制造和智能制造的特点外，更能适应未来新型社会化制造模式和业态的需求。

6.3 总体实施架构

高端装备行业工业互联网跨越工业物联网、商业物联网。高端装备的研发、

生产过程非常复杂，产业链条很长。传统的研制模式，是由一个超大型企业集团独立负责整个产品的研制，产品的总体研发设计和总装环节在企业内部进行，仅部分零部件会涉及外协生产。

未来的高端装备研制模式会越来越开放，研发设计和生产装配环节都会和企业外部资源进行高效协同合作。在传统模式下，只有超大型企业集团才能生产高端装备；而基于工业互联网的社会化大协同，有实力的中型企业也可以高效利用社会资源，研制出高端装备。

因此，高端装备行业实施工业互联网，存在两条路径。

路径一，是在企业内部建设一套五脏俱全的工业互联网系统，涵盖产品的研发设计、生产制造、售后运营等全生命周期。企业需要拿出高额投资进行系统建设。

路径二，是利用工业互联网平台，践行云制造的理念，穿透传统企业的边界，进行跨企业间的社会化大协同。高效利用社会资源进行复杂装备的研制，并减少企业内部进行工业互联网平台建设的资金压力。

第二条路径的总体架构如图 8-1 所示。

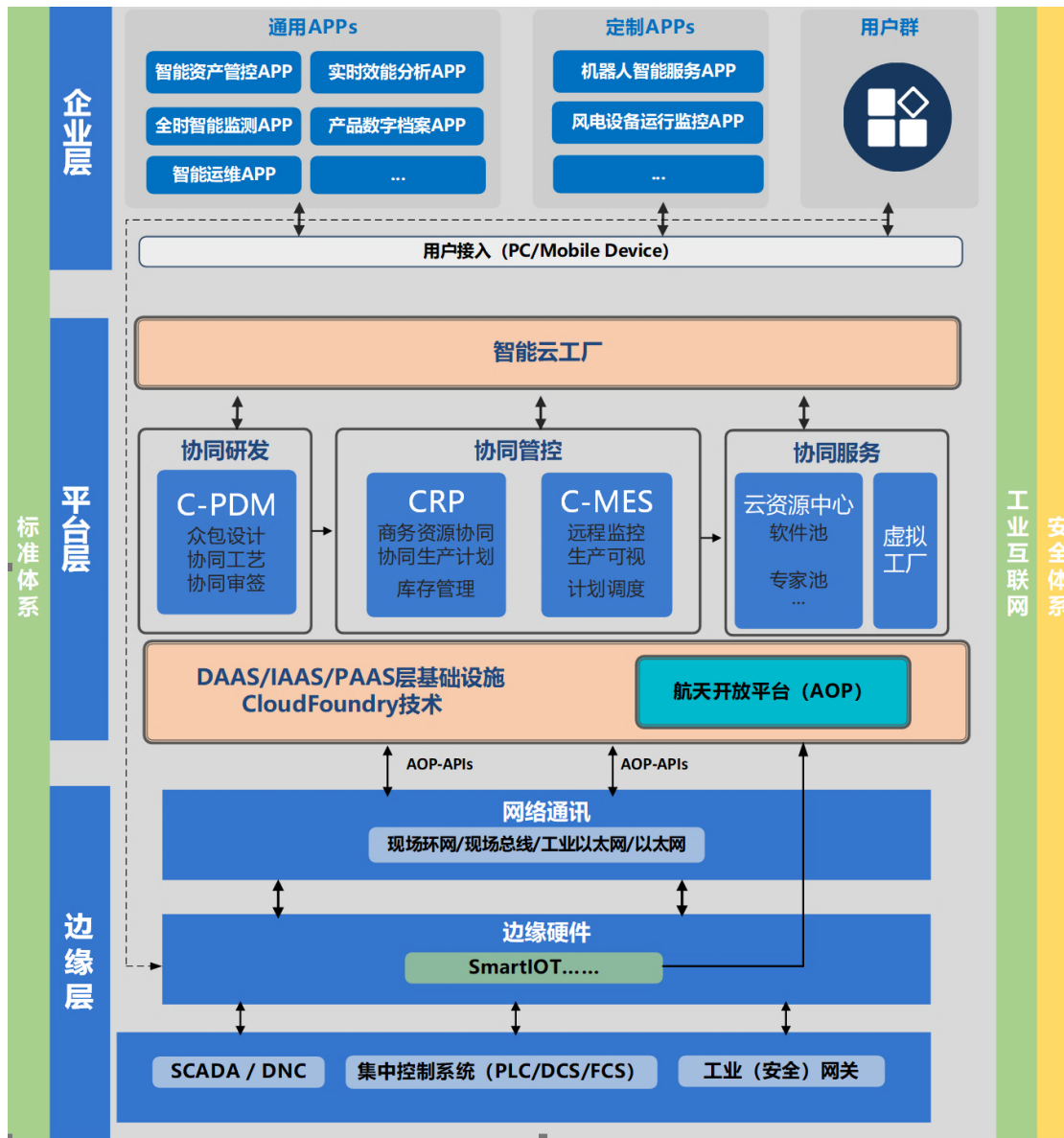


图 6-1 总体架构图

6.4 细节应用场景一：社会化协同研发与生产

应用场景描述

高端装备的研发、生产过程非常复杂，产业链条很长。传统的研制模式，是由一个超大型企业集团独立负责整个产品的研制，产品的总体研发设计和总装环节在企业内部进行，仅部分零部件会涉及外协生产。

未来的高端装备研制模式会越来越开放，研发设计和生产装配环节都会和企业外部资源进行高效协同合作。在原来的模式下，只有超大型企业集团才能生产高端装备；而基于工业互联网的社会化大协同，有实力的中型企业也可以高效利用社会资源，研制出高端装备。社会化协同研制的业务场景，主要是两种。一个是跨企业间的协同研发设计，一个是跨企业间的协同生产。跨企业间的协同设计

过程，需要统一的软件系统实现产品研发过程中的 BOM 管理、图文档管理、流程管理、电子签名、更改管理、打印管理、阶段控制、机电软一体化设计、系统集成和安全保密管理等服务内容。跨企业间的协同生产，需要统一的软件系统支持多工厂协同业务、设备能力接入、资源能力平台发布，并与企业原有 MES 系统进行信息集成，从而有效管理生产。

应用场景的功能架构

跨企业间的协同设计过程，主要依托 CPDM 系统。该系统主要包括项目管理、产品设计管理、产品工艺管理、产品配置管理、协同会签管理、变更管理、图文档管理等功能。

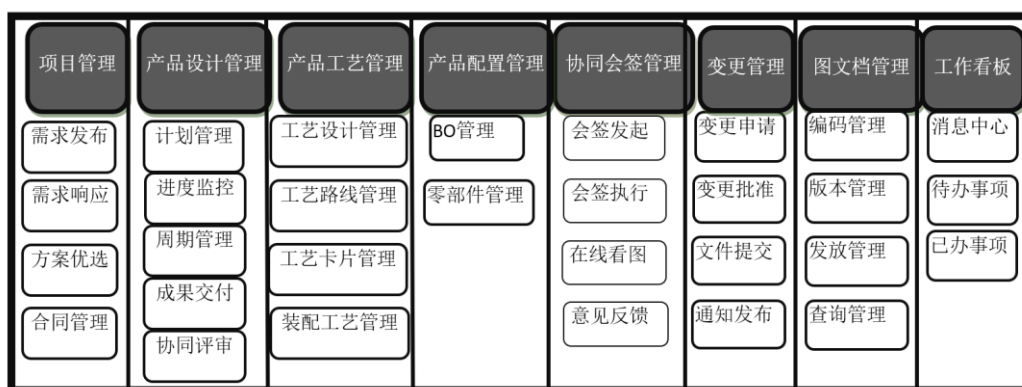


图 6-2 CPDM 功能模块结构

CPDM 系统为设计领域的网络协同设计综合服务平台,通过构建协同设计与交互平台,将人才资源、数据资源共同设置于网络交互平台,汇聚各家之所长,完成产品的研发设计、加工制造。各地资源根据需要分享,优化资源配置,发挥各资源的最大效能。跨企业间的协同生产过程,主要依托 CMES 系统,该系统的主要功能如图 8-3 所示。



图 6-3 C-MES 功能架构

计划管理模块：支持订单录入，ERP、CRP 计划接收，工序计划生成，任务管理，资源能力计算，有限能力派工等功能。

作业管理模块：支持作业报工，进度查看，报检及检验结果查看功能。

质量管理模块：支持检验项目、指标的定义维护，检验信息录入，质量统计功能。提供移动应用服务接口。

设备管理模块：支持设备档案维护，维修保养计划制定，维修保养任务处理，故障报修，设备 OEE 计算与看板，设备状态采集接口，视频查看功能。提供移动应用服务接口。

车间物料管理模块：支持物料信息录入，领料单生成，退料单生成，审核生成出入库单功能。

基础数据管理模块：支持资源、工作中心、工艺路线、工作日历等基础数据、参数的定义维护功能。

数据接口：提供适配 CRP 系统、ERP 系统、MES 系统的接口，实现多系统数据交换、集成。提供移动应用服务接口。

应用场景的实施架构

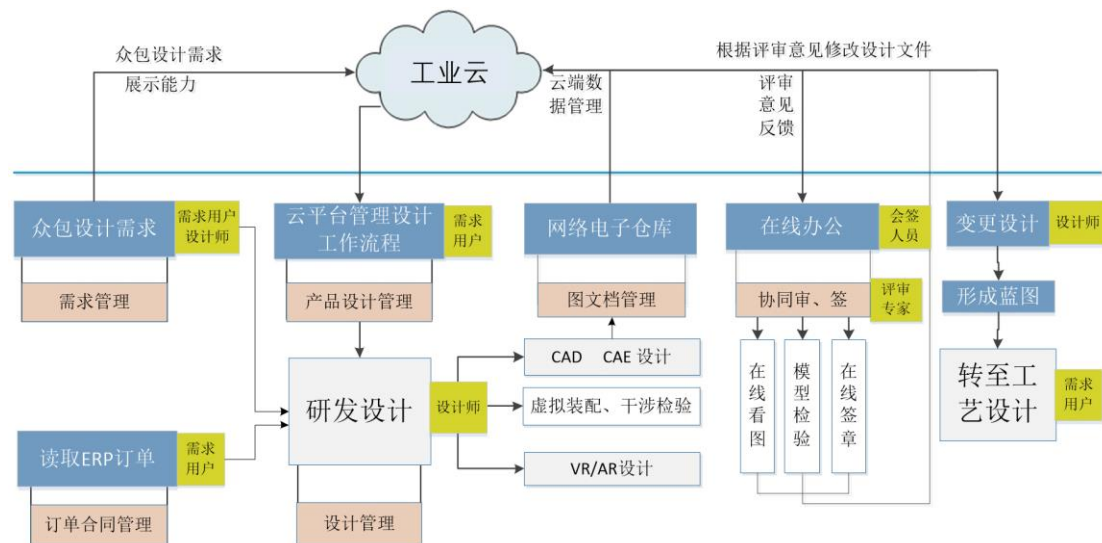


图 6-4 CPDM 应用场景架构

系统采用四层技术架构实现，其技术支撑体系如下。

1) 数据层：在数据层为整个应用提供数据访问服务。平台支持 MySQL、Oracle、SQLServer 数据库。

2) 系统层：系统层包括了 Portal Framework (门户框架)、Portal Compose (门户组件)、Content Management (内容管理)、IDS (统一身份认证)。使用 Spring

MVC 的构架体系搭建门户框架，整合门户功能组件、内容管理和统一身份认证模块。

3) 应用层：将门户系统按照功能分为系统构架模块、系统集成模块、系统管理模块、安全管理模块。使用 DIV+CSS 的技术实现页面展示、采用 JQuery 轻量级的插件，实现页面的个性化定制功能。

4) 展现层：通过浏览器，为不同角色和职能权限的用户展现不同的首页。

6.5 细化应用场景二：知识自动化

应用场景描述

高端装备属于复杂工程产品，一般采用系统工程方法组织推进产品研发。随着高端产品/系统的规模和复杂性显著增长，传统系统工程方法已经不能满足需求，基于模型的系统工程方法（MBSE）成为未来工程技术发展的基础趋势。在 MBSE 设计过程中，有相当一部分设计模板、模型、参数可以通过宏编的方式固化成知识点，用于进一步调用生成 APP（知识自动化）。系统工程方法结合国家/行业相关标准、规范及要求，建设适用于不同行业高端产品研制的基于模型的系统工程方法（如图 8-5 所示）。

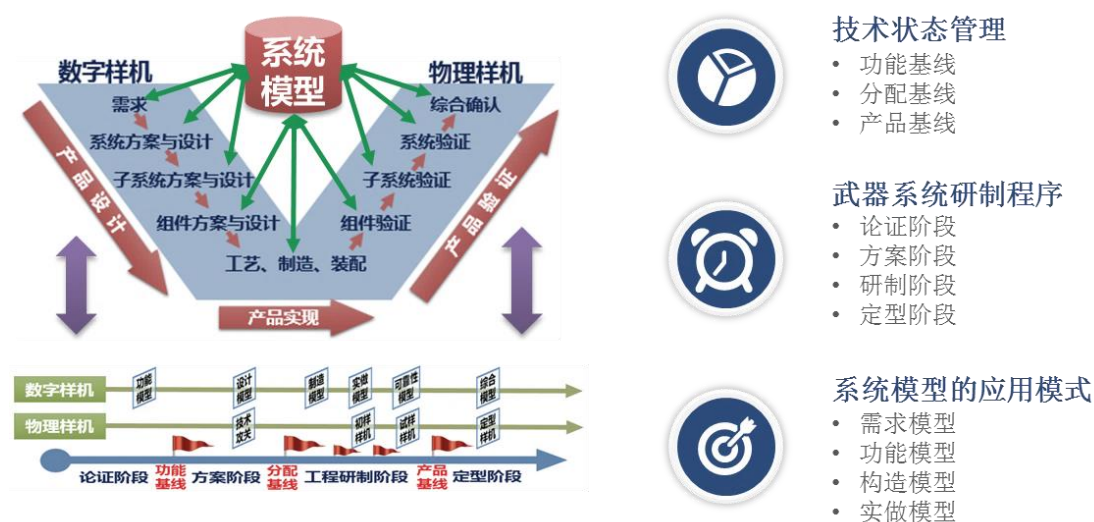


图 6-5 典型军工行业要求的基于模型的系统工程方法

以典型复杂军品为例，依据系统工程方法，对高端产品研发的实施过程进行分解，如图 8-6 所示。一般情况下，军品研制的主责单位为研究院，总体单位为总体部，主要设备配套单位为院内各研究所，元器件、标准件、其它设备配套单位在院外甚至集团外的供应商中选择。典型军品的研发过程可以概括为：以建模和仿真能力为技术核心、以四层级组织开发过程为协同机制、以工业 APP 共享

应用为生态环境。

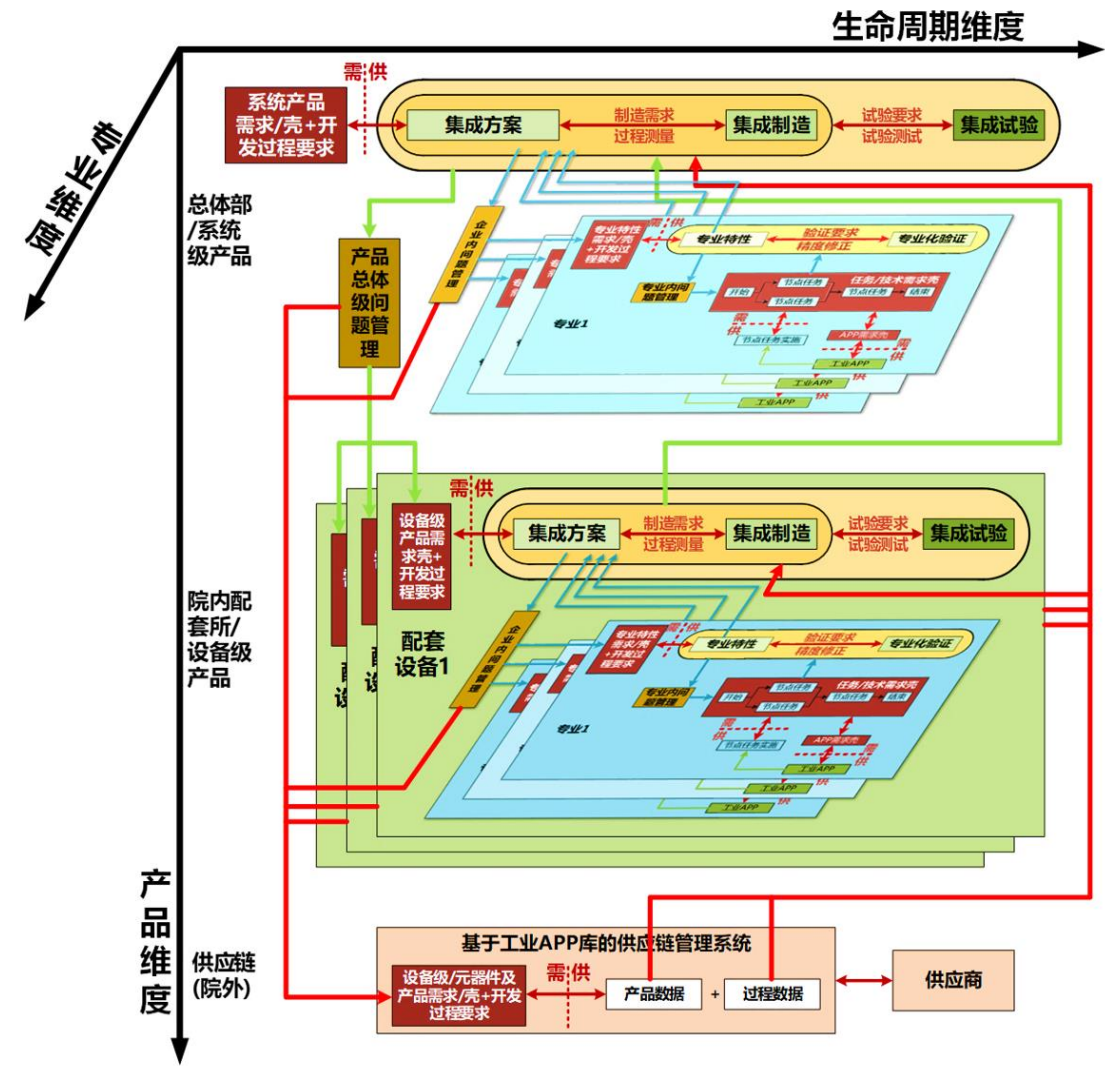


图 6-6 复杂工程产品研制的技术实施方案/过程

应用场景的功能架构

为了支撑高端装备研发应用场景，高端装备研发云平台应具备系统建模与联合仿真、四层级产品研发管理、工业知识/APP 体系匹配及应用三个方面的核心功能，如图 8-7 所示。

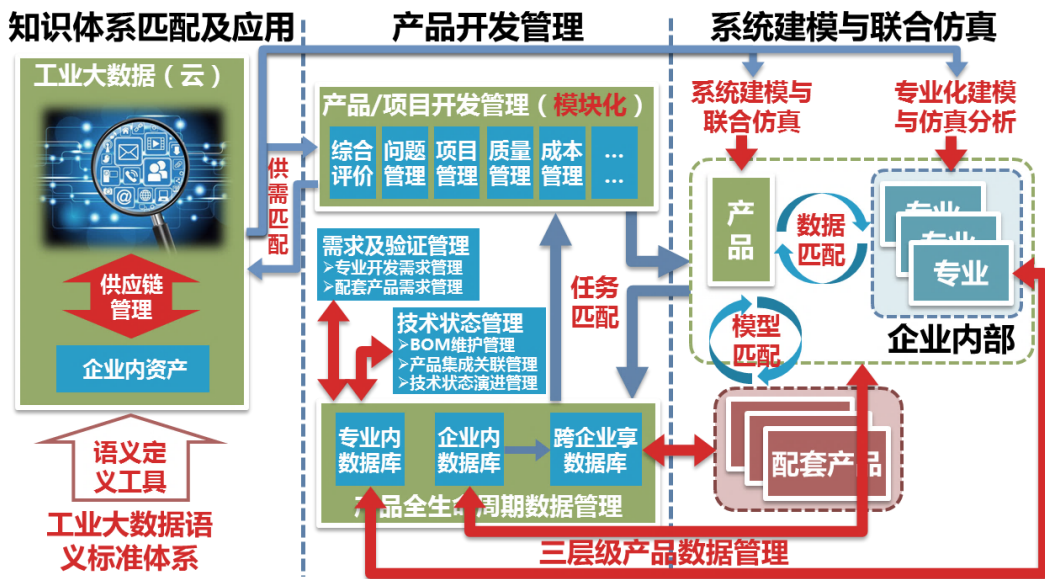


图 6-7 高端产品研发功能架构

(1) 系统建模与联合仿真：完整的系统建模与联合仿真由多级总体单位/总体专业、配套单位、各单位内配套专业协同完成。其功能建设可分解为：系统集成建模与联合仿真、总体需求与专业内容的对接/匹配、专业化建模与仿真分析、总体需求与配套产品的对接/匹配、数字样机与真实产品联合仿真五项。

(2) 四层级产品研发管理：四层级组织开发管理机制是实现多专业、多企业、多领域协同研发的基本机制保障，主要包括：专业室/部门级产品开发管理、企业级多专业产品协同开发管理、院级多企业产品协同开发管理、院级或集团级供应链管理（院外配套）。

(3) 工业知识自动化/APP 体系匹配及应用：工业 APP 是按照特定的标准对高端装备研发所需的各类资源、能力、知识进行显性化和模型化表达的一种成果或资源形式，并能够支撑在工业云平台环境下的共享应用和知识交易。工业 APP 体现的知识可以覆盖：产品、方法、过程、人员、环境、设备等多类对象。

应用场景的实施架构

高端装备研发的实施架构分为工业资源层、平台层、应用层三个组成部分(如图 8-8 所示)。工业资源层描述的是各种行业内软、硬件 IT 资源，以及 IoT 物联网领域的设备资源的管理。平台层通过工业适配器对各工业资源进行集成适配，对外部资源进行接入，实现资源之间的互联互通，并通过组件化的开发技术，将流程、数据、工具、技术等各种工业知识封装为通用的工业 APP，并通过语义技术进行标定，使知识具备智能化，同时，系统提供统一的运行平台以支撑各种工

业 APP 的运行。基于以上，在应用层搭建适用于特定行业领域的工业 APP 应用集合，并提供统一的工业 APP 管理平台实现知识的沉淀、传递与流通，同时在产品的设计、制造、试验、保障等全生命周期提供一套完整的管理体系。

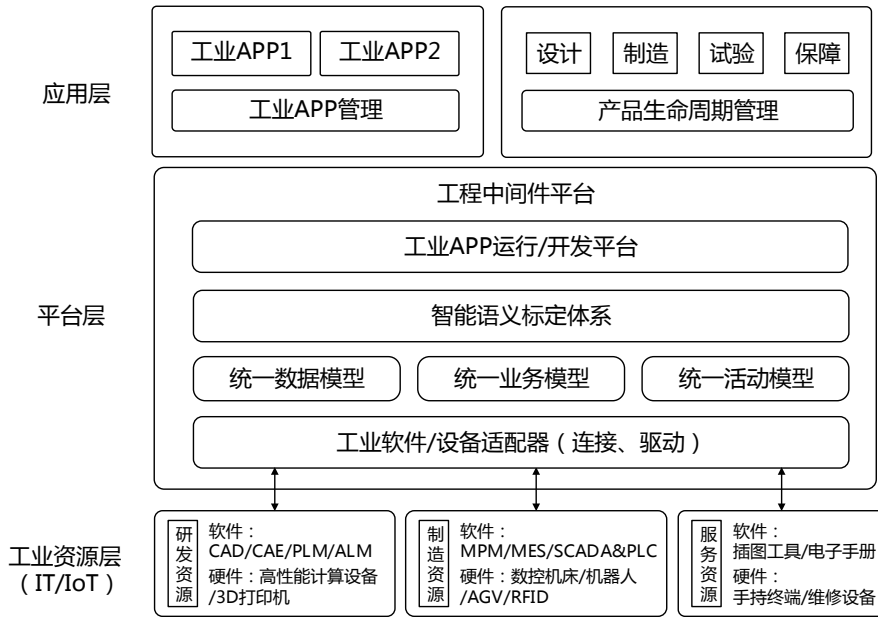


图 6-8 高端装备研发的实施架构

6.6 细化应用场景三：高端装备的预测与健康管理的（PHM）

应用场景描述

高端装备的运行维护多以定期检查、事后维修的预防性维护策略为主，不仅耗费大量的人力和物力，而且效率低下。

预测与健康管理（Prognostics and Health Management，以下简称 PHM）是综合利用现代信息技术、人工智能技术的最新研究成果而提出的一种全新的管理健康状态的解决方案。预测是通过评估产品偏离或退化的程度与预期的正常操作条件来预测产品的未来可靠性的过程；健康管理是实时测量、记录和监测正常运行条件下偏差和退化程度的过程。PHM 的发展是人们自我学习和提升的过程，即从对设备的故障和失效的被动维护，到定期检修、主动预防，再到事先预测和综合规划管理，实现了基于工业大数据的装备售后远程维护。

传统的 PHM 模式，由于存在很多的局限性，无法实现各个 PHM 环节之间的连续性、多要素的有效采集、海量数据的存储、众多关联因素的实时分析以及精准的故障预测，而且也很难实现同其他系统的集成。

新一代的 PHM 系统有如下的特点：

- (1) 更丰富的数据采集：支持更多的新型传感器和控制系统的信息采集，

并提供本地的边缘计算能力。

(2) 海量历史数据的存储能力：支持 PB 级别的时序数据的保存，以及高性能的查询，可以保存长达数十年的设备数据。

(3) 更高性能的分析能力：通过分布式的大数据分析引擎，提供更强的处理性能，支持更多维度的关联分析，保障更多实时性要求更高的分析。

(4) 更精准的预测能力：提供更多神经网络、深度学习的算法和模型，结合更多维度的输入，构建更精准的预测。

(5) 更丰富的智能反馈：提供丰富的 API 接口，同不同的业务系统和控制系统进行对接，实现更智能的反馈。

应用场景的功能架构

一般而言，PHM 系统主要由下面几部分的功能构成：

1、数据采集：利用各种传感器探测、采集被检系统的相关参数信息，将收集数据进行有效信息转换以及信息传输等。

2、特征提取：接受来自传感器以及其它数据处理模块的信号和数据信息，将数据信息处理成后续部件可以处理的有效形式或格式。该部分输出结果包括经过滤波、压缩简化后的传感器数据，频谱数据以及其它特征数据等；

3、异常检测：将特征提取之后的数据同预定的失效判据模型等进行比较来监测系统当前的状态，并且可根据预定的各种参数指标极限值/阈值来检测设备是否异常，并提供故障报警能力。

4、故障预测：依据历史数据建立各参数变化与故障损伤的概率模型（退化概率轨迹），与当前多参数概率状态空间进行比较，进行当前健康状态判断与趋势分析。通过当前参数概率空间与已知损伤状态概率空间的干涉来进行定量的损伤判定，基于既往历史信息来进行趋势分析与故障预测。

5、决策支持：通过人-机接口实现决策支持，包括状态监测模块的警告信息显示以及健康评估、预测和决策支持模块的数据信息的表示等，为设备运营人员提供决策支持。

6、系统反馈：根据判决决策，通过机-机接口使得上述各模块之间以及 PHM 系统同其它系统之间的数据信息可以进行传递交换，并积累历史数据调整故障模型和告警的门限，进一步反馈至产品开发人员，修正产品的设计。

应用场景的实施架构

图 8-9 是 PHM 的实施架构，包含边缘层、工业互联网平台和工业应用三部分。

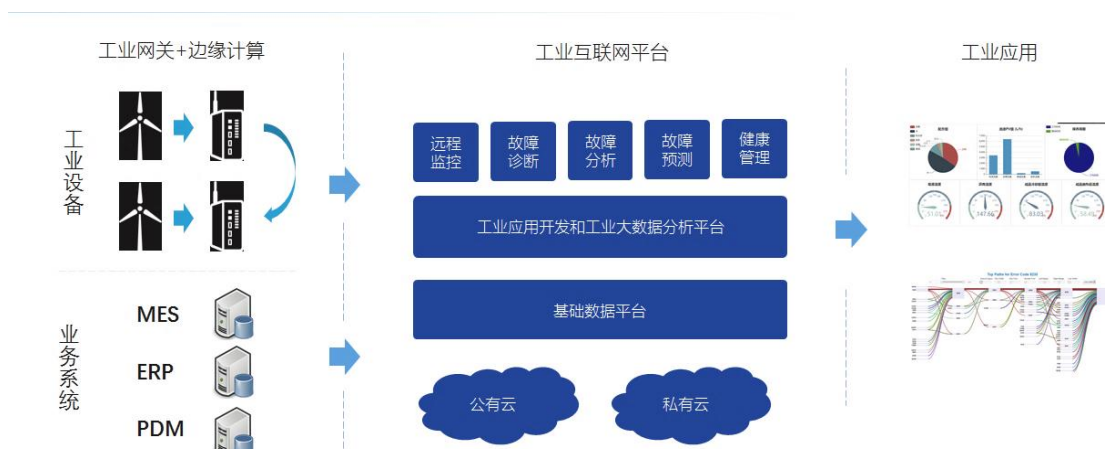


图 6-9 PHM 的实施架构图

边缘层：工业网关部署在设备现场，负责对接不同的传感器和控制系统，并提供边缘计算的能力；

工业互联网平台：作为统一的平台，工业互联网平台主要由以下几个部分组成：

(1) **基础数据平台：**负责存储海量的带有时间标签的设备工况和状态数据，并提供开放的查询能力和可视化能力；

(2) **工业大数据分析引擎：**提供丰富的故障处理类、特征提取类、故障诊断类、故障预测类算法，并支持同实时的数据流结合进行实时的分析和预测；

(3) **工业应用开发平台：**提供快速的工业应用开发平台，包括应用开发框架和配套的服务，以及可视化的支持；

(4) **工业应用：**基于应用开发平台开发出各类工业应用，并结合工业大数据分析的结果，实现实时监控、趋势预测和历史故障分析的应用。

7 结语

新技术是经济转型的根本动因。物联网、互联网、人工智能、云计算、传感器等核心技术的捆绑发力创造了数据驱动的新型智能产品和新型自动化设备，改变了旧的生产方式和运输方法，产生了新市场，形成了新型工业组织和数字化人才。这种变化是宏观结构上的转型，而不是微观领域的改善与循环。也就是说，

在新的工业体系里，每一个传统的工业基石都发生了结构式的改变。

工业互联网（Industrial Internet）就是支撑这种结构性工业经济改变的新工业技术基础。工业互联网对不同垂直行业来说有不同的范畴和核心内涵（图 1-1）。从以产品和服务为核心的家电行业到以物理资产为核心的钢铁制造业，工业互联网的范畴跨越了工业领域、商务领域到消费领域。垂直行业工业互联网的核心内涵也从工业物联网、商业物联网跨越到消费物联网。

7.1 发现

（1）工业互联网实施架构业务场景相对独立，跨行业场景还没有大量出现。垂直行业的工业互联网应用场景跨越产品的研发、制造到售后管理的各个环节。这些场景包括协同研发、个性化定制、知识自动化、设备健康维护、设备监测、集成（客户）制造、离散制造、人机协同、质量追溯、产品生命周期管理、用户交互、及时响应和产品体验迭代等。每一个场景都在工业互联网的支撑之上发生了本质上的转型。但是现阶段大部分工业互联网的应用场景相对孤立。交叉行业的工业互联网应用案例如设备健康维护与保险服务等正在出现。

（2）工业互联网实施架构多以提质增效业务导向，而驱动企业转型的先锋实施架构没有大量出现。也就是说，在现阶段参加工业互联网实施的垂直行业里，架构的实施目的多数为指导业务流程（或设备）的提质增效，而不是驱动企业整体的战略转型和增加新营收渠道，似乎只有家电行业已经开始转型性的探索工业互联网带来的“物联商务“和”生态价值“。尽管这些行业的业务范畴跨度很大，从家电产品制造、电子产品制造、钢铁制造、机械设备制造和高端设备制造。但是每一个垂直行业的实施架构都始于行业生产特点、行业对工业互联网的业务需求和行业场景的特殊业务机遇。每一个架构都建立了新的、包括转型性的价值主张，都包含可落地的行业实施细节和实施案例。

7.2 建议

（1）尽早试错。尽快参加垂直行业工业互联网实施探索以达到企业创新转型的敏捷度。工业互联网涉及到的行业远远不限于本白皮书所涉及的五个行业。还有很多垂直行业涉及到生产、商务和消费领域。虽然这些行业都有不同的业务焦点和实施范畴，但是越早加入实施，越能快速适应工业互联网带来的冲击。高德纳预计，大约 50%的物联网解决方案在不远的将来会被更新和替换。尽早试错会尽早了解变化的边界。另外，试错策略需要考虑投入少、时间短、营收快的工

业互联网项目去快速试错。在试错中调领导力、整目标、组织架构、人才和商务模式。

(2) 协同合作。工业互联网的维护成本在相当长一段时间会居高不下。另外，各类技术与服务提供商的产品、营运能力、财务状况良莠不齐。这些因素对工业互联网在整个垂直行业的落地发展产生很大挑战。在工业基础设施转变期，垂直行业间和行业内的协同合作会分担工业互联网初期研发的总成本，并促进技术供应商市场的加快成熟，加速工业互联网的协议标准和数据格式的制定，以及加快安全措施和核心技术的开发速度。

7.3 展望

工业互联网是结构性的、蛙跳式、融合式的战略技术。它改变的是工业基础设施，而不是表面应用。它带来的是技术革命，而不是技术渐进。尽管每个垂直行业和企业投资和启用工业互联网的目的、场景不尽相同，但是它们实施架构的逻辑和步骤是相似的，它们的试错成本和经验是可以共享的。

企业或适应或衰亡。生存下来的企业不是最强大的，而是最适应发展的。虽然企业在实施工业互联网的同时会有投资风险和技术融合难点，也可能遭遇失败和倒退，但是“创造性破坏”会让每一个工业互联网的先行实施企业在新一轮的工业转型中前进更快、跳跃更高、离成功更近。他们将打破传统工业市场，他们将创造出新的垂直行业，他们将改变数字工业经济的游戏规则。