

智慧工厂：让生产更高效和智能

在全球制造业“数字化和智能化”变革中,以新一代信息技术与制造机理深度融合为基本特征的智能制造,成为加快制造业高质量发展和建设新型工业化的重要抓手。2021年12月28日,工业和信息化部等八部门联合印发了《“十四五”智能制造发展规划》提出:“十四五”及未来相当长一段时期,推进智能制造,要立足制造本质,紧扣智能特征,以工艺、装备为核心,以数据为基础,依托制造单元、车间、工厂、供应链等载体,构建虚实融合、知识驱动、动态优化、安全高效、绿色低碳的智能制造系统,推动制造业实现数字化转型、网络化协同、智能化变革。

智慧工厂以打通企业生产经营全部流程为着眼点,充分利用新一代信息技术与工业制造自动化技术等交互融合所形成的解决方案,通过采集工业设备 OT 数据,与 IT 生产控制及管理系统进行联通分析,提供数字化和智能化人机交互、复杂系统以及信息分析与决策等手段,实现从产品设计到生产执行、从设备控制到工厂资源调度等所有环节的信息快速交换、传递、存储、处理与集成。

从生产业务管理的发展过程来看,工厂的生产过程经历了 4 个阶段的变化,从最初的人工作业,依赖手工操作、记录、检测及控制实现生产业务的基本管理,逐步向生产及管理智能化阶段转变。在这个过程中,云计算、大数据、工业物联网、人工智能及数字孪生等新一代信息技术发挥了越来越大的作用,绿色低碳、“无人或少人”、智能制造等发展趋势尤其明显,生产领域的数字化及智能化应用在过去几年呈现出日新月异的发展势头,工厂生产业务管理的发展趋势如图 5-1 所示。

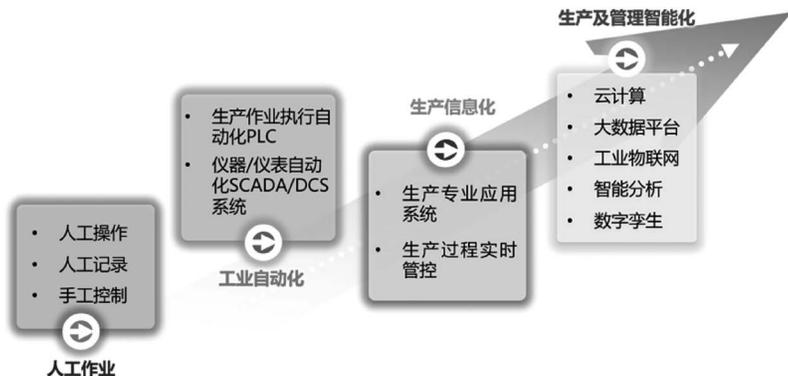


图 5-1 工厂生产业务管理的发展趋势

在企业生产及管理智能化升级中,加快工厂升级改造,建设智慧工厂成为首要目标。其

中,数据驱动是智慧工厂的关键要素,推动工厂管理从单点优化迈向全局协同变革;通过虚实融合,在数字空间还原、模拟及仿真实际生产过程及业务,实现工厂生产资源的最优化配置,同时满足产线“柔性敏捷”的需求;为落实国家“碳中和”和“碳达峰”战略部署,绿色安全成为智慧工厂新的使命和责任。

5.1 业务挑战

传统工厂因为数字化及智能化程度不足,生产过程主要依赖人工进行管理,生产效率低、质量效益提升难;当生产过程中出现问题时,由于无法及时进行人员调度和生产资源调配,问题解决慢、闭环时间长。传统工厂在生产及制造过程中主要存在以下业务挑战及问题。

(1) **生产过程透明度有待优化,生产数据有待完善。**以汽车工厂为例,传统工厂只知道车辆进入总装车间的时间及从总装车间出来的时间,总装车间中各工位实际生产情况(是否停台、滞留或拉入拉出)完全黑盒,生产出现问题时也没有办法及时干预和处理,导致生产效率难以提升。

(2) **生产工艺缺少智能化分析能力,优化成本高。**传统生产制造中,影响生产工艺的参数多而杂,工艺的改进主要由工程师通过经验积累对各类参数进行修改和优化,这种手工作坊模式导致工艺端到端改进和优化一次需要较长时间,优化成本也较高,优化方案及经验也难以传承。

(3) **人工质检效率低,生产过程质量数据不足,质量提升难。**质量贯穿生产的每个环节。传统质检多以人工检测为主,存在检测效率低、工作量大、成本高的问题。而且人工检测结果受主观因素影响,检测标准不统一,导致质量控制困难,容易出现漏检和误判。同时,由于生产过程质量数据没有有效采集和利用,只能利用结果质量数据进行逆向分析,导致在质量改进时,无法追溯到根因,在质量优化时,缺少有效的优化算法及模型,难以找到质量提升的方向。

(4) **设备管理依赖工人巡检,设备健康难管理。**设备点检主要依靠人工通过计划性点检,定期记录设备运行状态。这种工作方式会导致点检的准确性和可靠性,直接受到个人技能和经验水平的影响。例如,在平时点检和维护中,可能并没有发现重大设备故障及问题隐患,但在实际使用中,突然出现设备故障,导致整条生产线或车间停线或停产。

(5) **生产过程中能源消耗大,生产成本高。**在生产过程中,由于缺乏有效的监测手段,工厂对水电气这些基本生产能源大部分消耗到哪个产线或工位不清楚,甚至存在很多设备无效耗能的情况,比如工人下班或工间操时,汽车涂装工位的空调还在全速运行,并没有降频或关机。尤其是一些钢铁、化工、水泥等行业的生产耗能大户,如果没有与实际工作日历做关联,就可能导致生产能耗成为一本“糊涂账”。

5.2 解决方案

5.2.1 智慧工厂技术架构

根据“十三五”以来智能制造发展情况和企业实践,结合技术创新和融合应用发展趋势,工信部总结了3方面16个环节的45个智能制造典型场景,为智慧工厂及智慧供应链建设提供参考。本章介绍的智慧工厂解决方案主要从制造过程、生产管理及质量检测的智能化切入,聚焦计划调度、生产作业、质量管控、设备管理、能源管理、工厂建设这6个环节的应用场景,通过建设“云、边、管、端”的数字基础设施,优化生产环节中“人、机、料、法、环”五大要素配置,智能调度和管理各类生产资源,帮助企业建设高水平的智慧工厂,实现提质降本增效,确立新的竞争优势。

智慧工厂首先要打通 OT 数据和 IT 数据之间的壁垒,通过工业协议标准化数据采集,解决工业设备七国八制、种类多、数据采集难问题。按照应采尽采要求,基于业务实质,结合 IT 生产系统订单、计划、供应和物流等业务数据,利用大数据、人工智能及云计算等先进技术积累和固化工业 know-how,如产品工艺设计、产品质量要素、设备运行机理等,实现生产工艺优化、生产质量提升、设备智能化管控及能源智能综合优化及管理目标。

智慧工厂解决方案以行业智能化参考架构为基础,由智能感知、智能联接、智能底座(边侧和云侧)、智能平台(边侧和云侧)、AI 大模型 5 个层次组成,是一套涵盖“云、边、管、端”的完整数字治理体系。该解决方案以生产数字平台为核心——以智能底座为基础设施(简称“一云”),基于统一的智能平台技术栈(简称“一平台”),利用先进的网络连接技术(简称“一网”),实现“现场-产线-车间-工厂”四级协同及管理。智慧工厂解决方案的技术架构如图 5-2 所示。

基于上述技术架构,智慧工厂解决方案按“云-边-管-端”4 层架构分解,各层基本能力如下。

1. 云侧

以云平台为基础设施,基于工业物联平台(中心侧)、工业 AI 质检平台(训练)、工业大数据平台(包含数据治理及工业大数据分析)、云高阶服务(如开发使能平台、应用集成平台等)、视频管理服务及存储服务 6 大类技术平台及工厂 AI 大模型,提供工厂级生产业务应用及管理系统。

(1) 工业物联平台(中心侧)提供工厂级物联实现集中管控能力。包含物联数据跨车间统一汇聚、管理和分析;物模型统一开发及各车间远程部署和管理;各车间应用系统统一部署、远程分析和运维;工业物联平台(边缘侧)远程运营及运维管理 4 种能力。

(2) 工业 AI 质检平台(训练)提供智能质检应用算法标注、训练和学习,包括训练数据上传、清洗、标注、训练、管理与下发等。

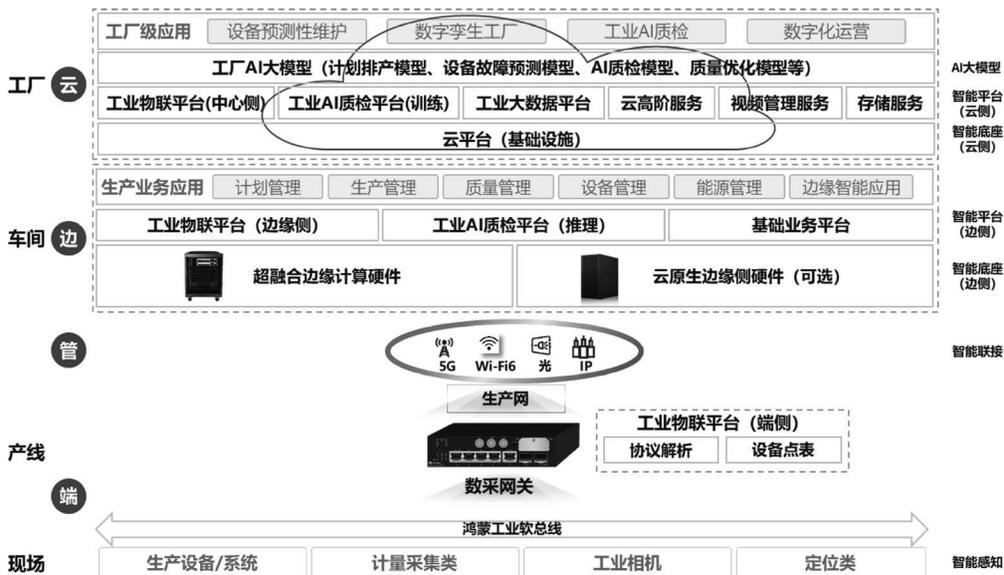


图 5-2 智慧工厂解决方案的技术架构

(3) 工业大数据平台提供生产领域各部门(如生产计划、供应链、物流、制造执行及生产运营等)的生产数据统一治理及大数据分析能力。

(4) 云高阶服务以云平台为底座,根据云上业务需求,提供开发使能平台(低代码开发、全代码开发及数据可视化引擎)、应用集成平台(消息队列、快速数据集成及 API 集成及调用管理)。

(5) 视频管理服务提供工业相机云侧管理及视频管理服务,如视频接入、视频录制、视频回放和实时视频流的存储管理等。

(6) 存储服务提供数据集存储、图像存储和日志存储能力,支持 RAID5 数据存储、备份和恢复能力。

(7) 工厂 AI 大模型提供生产业务智能化的能力,如计划排产模型、设备故障预测模型、AI 质检模型及质量优化模型等。

工厂级生产应用系统以智能化应用为主,基于云计算技术提供的算力底座,提供以下价值场景。

(1) 设备预测性维护:将人工智能技术赋能设备工作机理,通过故障模型及算法预测设备故障及生命周期。

(2) 数字孪生工厂:基于 3D 数字建模能力,实时还原工厂级生产现场及状态,模拟和仿真生产线流程,实现虚实融合。

(3) 工业 AI 质检:对产品装配质量及关键工位人工操作规范进行检测,提供电芯外观检测、模组外观检测、Pack 电池包外观检测、组装错漏反检测、焊缝检测、操作规范检测、漆面、冲压件检测、轮胎装配检测等多种检测应用场景。

(4) 数字化运营：对生产各车间关键运营数据进行实时监控，实现生产运营数字化和智能化管理，提供生产运营 BI 分析及生产 KPI 指标实时监控，实现“察打一体”，全方位管控生产过程。

2. 边侧

以超融合一体机或云原生边缘硬件为基础设施，通过工业物联平台（边缘侧）、工业 AI 质检平台（推理）及基础业务平台（如组态软件平台等），提供车间生产业务应用。

工业物联平台（边缘侧）提供车间级 OT 数据接入及分析处理能力，支持边缘工业设备按标准联网实现数据采集及 OT 数据实时清洗和分析。在性能上要求有百万级工业点表接入管理，支持高并发车间物联数据管控、毫秒级生产数据组态呈现、网关设备远程运维和管理等功能。

工业 AI 质检平台（推理）作为云侧工业 AI 质检平台训练模型的边缘侧部署，通过运行工业 AI 质检智能算法对智能工位上传的生产检测数据进行实时推理和分析，获取质检结果。

车间级生产业务应用提供车间基础业务管理，实现生产过程的可视、可管、可控。

(1) 计划管理：将分解到车间的日计划自动按生产节拍下发到生产设备，同时对生产计划提供按需调整和重新排程的能力。

(2) 生产管理：对生产过程中出现的故障及问题进行及时调度和处理，实现生产过程的实时管理，如安灯管理等。

(3) 质量管理：建立生产质量管理体系，实现关键工艺及产品质量可追溯、质量可改进及提升。

(4) 设备管理：对车间各类工业设备进行全生命周期管理，对设备运行状态实时管控，设备出现故障及问题时，能实时预警。

(5) 能源管理：基于能源消耗数据，对生产过程能耗实时分析和管控，以绿色安全为目标，实现生产过程的低能低耗管理。

(6) 边缘智能应用：提供检测图像管理、检测结果管理、边缘数据分析及端侧工业相机管理能力。

3. 管侧

管指的是网络管道，它是数据传输的通道，负责将“端”（设备）产生的数据高效、安全地传输到“边”（边缘计算节点）和“云”（云计算中心），同时也负责将“云”和“边”的指令或数据下发给“端”。网络管道的性能和稳定性直接影响到整个系统的运行效率和可靠性。

为了满足工业现场不同设备的连接需求，网络管道需要提供确定性的数据采集网络。这意味着网络管道需要具备以下特点。

确定性：网络管道需要提供确定性的数据传输服务，确保数据传输的实时性和可靠性。

灵活性：网络管道需要支持多种传输方式，包括有线和无线，以满足不同设备的连接需求。

安全性：网络管道需要具备完善的安全机制，确保数据传输的安全性和保密性。

可扩展性：网络管道需要具备良好的可扩展性，以适应不断变化的工业现场环境和设备连接需求。

基于上述要求，网络管道按连接方式主要包括有线网络和无线网络，每种网络都有其独特的作用和要求，适应不同的工业场景。

有线网络提供稳定、高速的数据传输通道，需要铺设线缆，因此部署成本较高，但传输稳定性和安全性较好，适用于数据传输量大、实时性要求高的场景。有线网络包括交换机+路由器方式构建的局域网，以及工业 PON (Passive Optical Network, 无源光网络) 等。工业 PON 网络方式适用于长距离、高带宽、多分支的复杂工业环境。

无线网络提供灵活、便捷的数据传输方式，适用于设备移动性强、布线困难的场景。无线网络包括 Wi-Fi 6 无线接入、5G 无线回传等，无须铺设线缆，部署成本较低，但需要考虑无线信号干扰和安全性问题。Wi-Fi 6 无线接入提供了更高的传输速率和更低的延迟，适用于高密度设备接入场景；5G 无线回传则有广覆盖、大带宽、低时延的特性，适用于远程控制 and 实时数据传输场景。

工厂可根据自身条件和业务发展需求，选择不同的网络连接方式。

4. 端侧

以边缘网关、能源网关或第三方专业网关(如工业传感器采集网卡)为载体，与工业设备连接，通过适配的工业协议驱动，采集设备数据点位，实现工业 OT 数据的实时采集；现场工业相机也可通过标准协议，如 ONVIF 或 GB/T 28181，接入云侧视频管理系统。

工业物联平台(端侧)实现工业设备互联互通、OT 数据应采尽采。针对单 PLC 要求有万级点位秒级数据采集性能；工业设备写控制要求小于 100ms；提供车间设备标准化接入和采集方案，解决工业数据散落车间、采集难等问题。

5.2.2 生产数字平台核心组件

生产数字平台通过提供强大的联接能力、数据处理和分析能力、智能化应用能力，使工厂能够实现数字化、自动化和智能化生产。以下四大关键技术是智慧工厂解决方案中生产数字平台的核心组件：

(1) **工业物联平台**提供了“云-边-端”三级 OT 数据采集和分析处理能力，是解决方案的核心组件之一。

(2) **工业 AI 质检平台**是实现智能化工业质量检测能力的基础组件，它将人工智能技术赋能工厂质量检测环节，实现全天候生产过程的高质量看护。

(3) **工业大数据平台**将生产领域的 IT 数据和生产车间的 OT 数据统一进行治理和分析，基于生产业务需求(如工艺改进、质量提升)，实现生产领域主题库、专题库和指标库，为生产各应用系统提供统一的数据底座。

(4) **管侧通过生产网**，根据不同业务场景提供 OT 数据及 IT 数据的传输管道，如 AGV 物料配送场景则需要通过无线网络(根据工厂实际环境选择 Wi-Fi 6 或 5G 无线技术)，提供 AGV 实时调度管理及控制。

1. 工业物联平台

工业物联平台按“云-边-端”三级架构,分别为工业物联平台(端侧)、工业物联平台(边缘侧)和工业物联平台(中心侧)三部分。它从生产现场的设备中采集 OT 数据并进行数据清洗、分析和治理,开放给生产应用系统。其基本功能包括数据采集、孪生建模、数据存储和数据开放等,并提供 OT 数据“采、存、算、用”一体化的完整数据标准化能力。

(1) 数据采集

工业物联平台是一个云边协同的数采统一框架,通过数采协议插件化的方式,对边缘侧和端侧的设备数据进行统一采集。

(2) 孪生建模

孪生建模本质上是一种以面向对象的思维模式进行数据管理的方法,改变了传统软件面向结果/面向过程的方式。这种先建模后实例化的方式,能够以面向业务对象的方式实现数据的内聚,即围绕客户关心的业务对象进行数据的组织,使得各个业务模块能够更好地理解和使用各种数据。

孪生建模围绕设备的标准物模型及其实例化做实施,统一设备模型的定义和分发,还可基于设备标准物模型基础上再叠加各种层级的关系模型。

为了能够对业务对象进行数字化的描述,需要一套灵活性强、扩展性高的建模语言作为支撑。工业物联平台采用的孪生建模语言为 DTML(Digital Twin Model Language,数字孪生模型语言),它是基于 JSON-LD 来描述数字孪生模型,而 JSON-LD 不仅可以直接用作 JSON,也可以在 RDF(Resource Description Framework,资源描述框架)系统中使用。

通过 DTML,所有的物理世界中的对象如一类机器、一类车间等都可以抽象成为“物”。在 DTML 的定义中,“物”使用元模型描述自身的所有行为,元模型包含属性、命令、事件、数据模式、组件、关系。

(3) 数据存储

工业物联平台提供基于时序库的高性能实时数据存储管理能力,高于开源时序库 2~5 倍性能,支持最大亿级时间线,百万并发写入,支持多级压缩算法(时间戳相似性压缩算法,时间戳差量压缩),提供 10~20 倍的时序数据压缩能力,降低数据存储成本。

(4) 数据开放

通过设备建模将设备上的点位数据转换为模型的属性字段,设备上报的数据为测量数据,上报平台后经过指标计算的数据称为指标数据,测量数据和指标数据都属于物的属性数据,即 THING_DATA。基于设备上报的数据创建事件触发规则,产生的事件数据即 EVENT_DATA。

THING_DATA 和 EVENT_DATA 都是可订阅的数据对象。通过订阅,应用系统从工业物联平台消费数据,或由平台推送给应用系统。

工业物联平台向其他应用或平台提供多种数据开放的能力,帮助其使用工业物联平台治理后的数据。数据开放方案可采用标准 REST 风格的 API、订阅推送或批量导出,如图 5-3 所示。

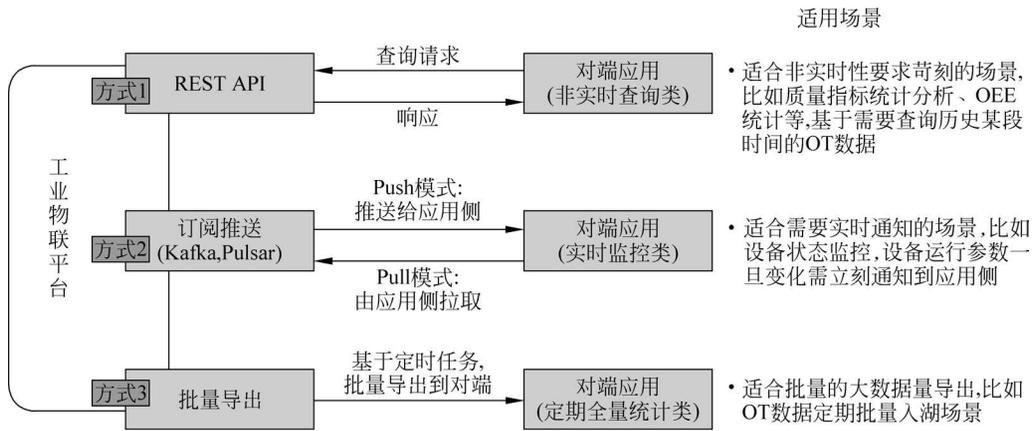


图 5-3 数据开放方案

2. 工业 AI 质检平台

工业 AI 质检在众多行业领域有着广泛的应用场景, 能够有效提高检测效率, 降低成本, 提升良品率。工业 AI 质检平台主体为“云-管-边-端”4 层架构, 分别为云端层、网络传输层、边缘计算层和终端层 4 部分。以下是工业 AI 质检平台的整体架构, 如图 5-4 所示。

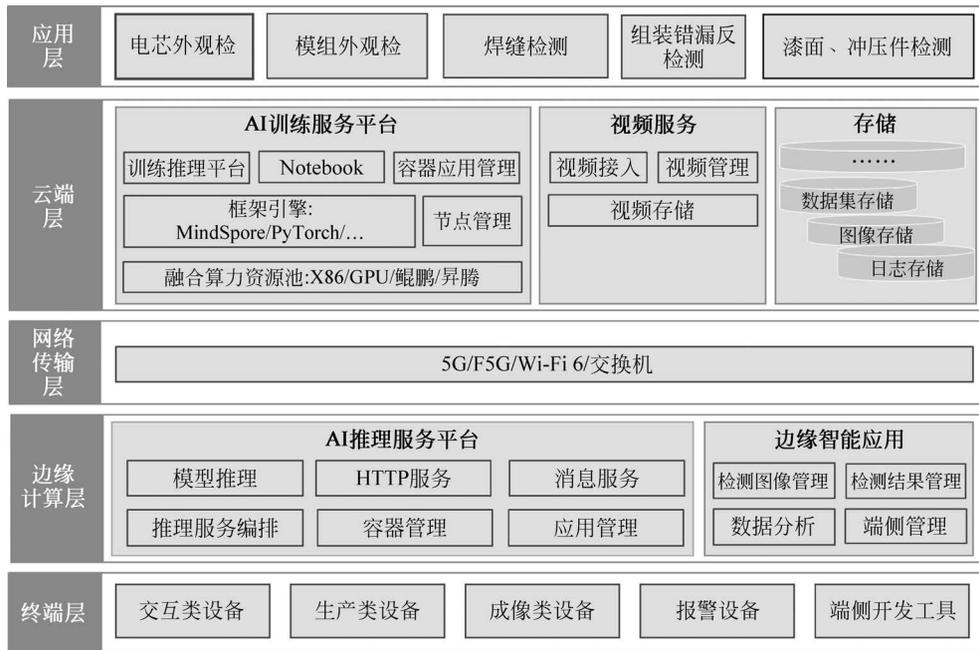


图 5-4 工业 AI 质检平台的整体架构

工业 AI 质检平台由终端、边缘计算、网络传输、云端 4 层组成, 各层级的主要功能分析如下。

终端层快速适配产品差异：工业 AI 检测终端层部署有智能工位，包含交互、生产、成像、报警、端侧应用五大设备，端侧应用内部封装有工业级 AI 算子工具，通过低代码开发平台的 AI 质检应用，提供图像/视频获取及处理，推理业务逻辑判断。AI 质检应用可与产线 MES、PLC、报警器等工控系统联动实现数据打通，提供设备统一管理能力。终端层提供了流程编排低代码开发模块，通过模块化的编排设计能力和丰富的编排功能节点，可以快速适配不同的产品质检场景，很好地应对产品和工艺多样化的挑战。

边缘计算层快速响应边侧推理：边缘计算层部署了推理服务平台，为工业质检提供边缘 AI 推理、边缘数采网关、边缘 IoT、边缘计算、边缘存储、边缘智能应用能力。其强大的边缘算力及推理能力可助力 10ms 级的快速响应，满足工业高速生产线对响应速度的极致要求，也为工业 AI 质检提供了高速实时响应能力。

网络传输层安全与隐私的保障：网络传输层具备快速、安全的网络数据传输能力，为工业质检提供网络设备安全保护能力。

云端层数据质量提升与高性价比的完美统一：云端部署了智能计算中心，可在云端推理平台上进行生产数据的处理，包括数据上传、清洗、标注、训练、管理、下发等，这种一站式全流程的数据处理能力为 AI 质检提供数据质量保障。平台提供的自动标注、智能训练可以节约大量的数据标注人力成本和数据训练时间成本。云端层还提供推理训练平台、容器化应用管理、云边消息通信、视频服务以及存储服务等系列能力，助力数据质量和性价比提升。

工业 AI 质检平台针对不同的业务场景，提供了不同的部署方案，如图 5-5 所示。

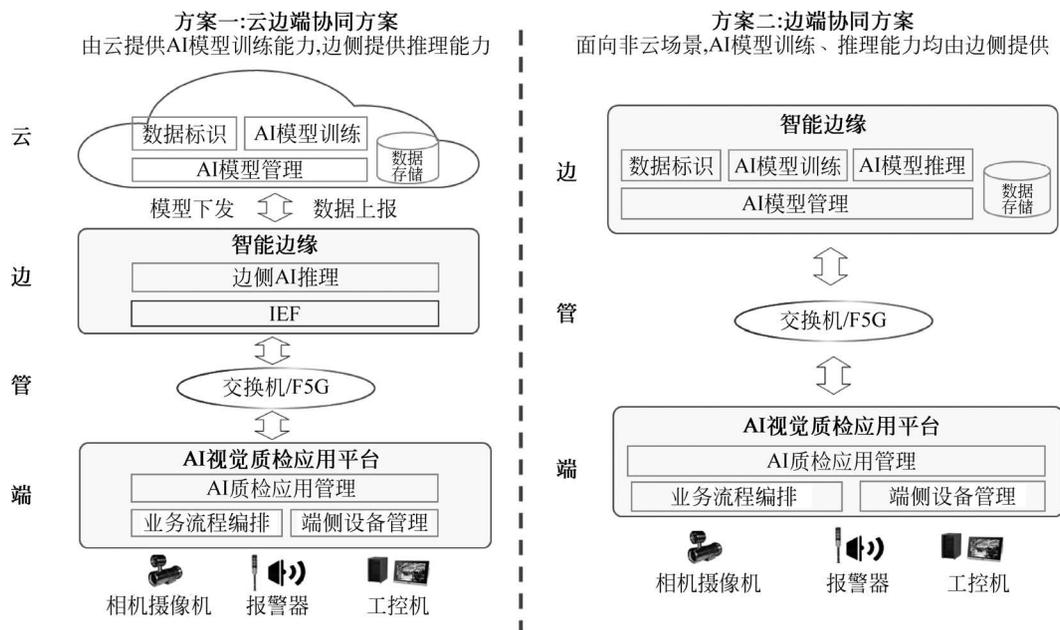


图 5-5 工业 AI 质检平台部署方案

工业 AI 质检平台提供了云边端和边端两种部署方案,两种部署方案的差异主要在于是否有云场景,对于有云的场景可以把 AI 模型训练部署在云上,充分发挥云端已有的相关能力如数据准备、数据管理、数据标注等,以及数据的上报统计、模型下发、运营运维等能力。对于非云场景,可以把精简的 AI 模型训练、模型管理能力部署到边端,形成边端训练推理一体的边端部署方案。

工业 AI 质检部署架构具有以下三个优势。

训练推理服务统一管理和运维,运维效率高、成本低。通过在云端统一管理或将服务集中部署在边侧管理,可以实现对服务的统一管理和运维。这种方式降低了运维工作的复杂性,提高了运维效率,从而降低了成本。

推理集群可以实现负载均衡,避免单点故障。当某个推理节点出现故障时,其他节点可以自动承担负载,确保整体推理服务的稳定运行。这样,即使个别节点出现问题,也不会影响整个生产线的正常运行,从而提高系统的可靠性。

推理集群的算力可以统一调度和灵活分配。当某条生产线需要更多的算力时,可以从其他生产线动态调配资源,实现算力的优化分配。这样既可以满足各生产线在不同时期的算力需求,又可以提高整体算力的利用率。

3. 工业大数据平台

工业大数据平台既可用于工业设备数据的实时分析,用来实时监控预警和设备控制,也可将工业设备数据和生产 IT 应用数据进行综合分析,提高企业经营水平。工业大数据平台为 IT 系统数据和 OT 设备数据的集成、处理和提供平台,为制造企业的安全生产、集中控制、智能巡检、经营优化等数据应用提供数据底座。工业大数据平台的技术架构图如图 5-6 所示。

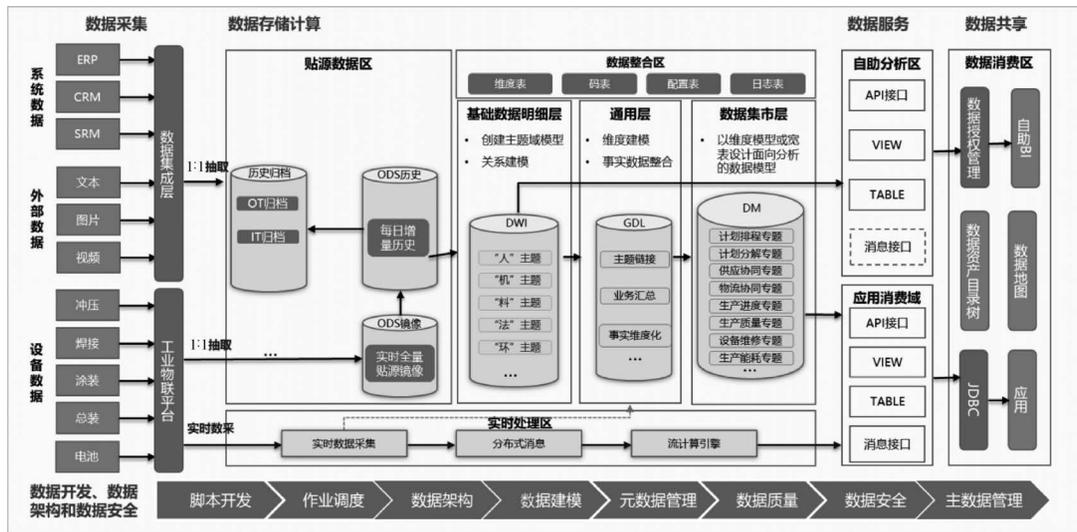


图 5-6 工业大数据平台的技术架构图

在工业大数据平台中,数据采集、数据存储计算、数据服务、数据共享、数据开发、数据架构和数据安全是该技术架构的核心组件,其主要功能如下:

数据采集:支持批量数据迁移、实时数据集成和数据库实时同步,支持20多种异构数据源,全向导式配置和管理,支持单表、整库、增量、周期性数据集成。根据外部数源的不同,数据分为系统数据、外部数据和设备数据三种类型。对于前两种数据,集成方案通过数据集成层完成,设备数据则通过工业物联平台完成。

数据存储计算:按业务需求和数据特性,制定数据在不同组件中的存储策略。数据存储计算由贴源数据区、数据整合区(包含基础数据明细层、通用层及数据集市层)、实时处理区三部分组成。

数据服务:为企业搭建统一的数据服务总线,帮助企业统一管理对内对外的API服务。数据服务为企业提供快速将数据表生成数据API的能力,涵盖API发布、管理、运维的全生命周期管理,帮助企业简单、快速、低成本、低风险地实现微服务聚合、前后端分离、系统集成,向合作伙伴、开发者开放功能和数据。它包含自助分析区数据服务和应用消费域数据服务。

数据共享:确保数据使用方在依法合规、保障安全的前提下,根据业务需要申请使用数据。

数据开发:一站式的大数据协同开发平台,提供全托管的大数据调度能力。它可管理多种大数据服务,极大降低用户使用大数据的门槛,帮助企业快速构建大数据处理中心。使用数据开发模块,用户可进行数据管理、脚本开发、作业开发、作业调度、运维监控等操作,轻松完成整个数据的处理分析流程。

数据架构:作为数据治理的一个核心模块,承担数据治理过程中数据加工并业务化的功能。数据架构主要包括数据调研、标准设计、模型设计和指标设计四部分。

数据安全:数据安全为数据湖提供数据生命周期内统一的数据使用保护能力。通过敏感数据识别、分级分类、隐私保护、资源权限控制、数据加密传输、数据加密存储以及数据风险识别等措施,帮助企业建立安全预警机制,增强整体安全防护能力,让数据可用不可得和安全合规。

4. 生产网

为了应对生产制造过程中遇到的挑战,企业需要构建面向智能化升级的网络底座。按不同的业务类型,分成不同的子网,通过工厂核心进行互联互通。整个网络架构如图5-7所示。

根据工厂业务特征,一个工厂的网络通常涉及生产、研发办公、安防监控、数据中心、外网接入区、运维管理区等不同区域,其中,业务系统的服务端部署在数据中心内,客户端分布在工厂其他位置。由于各类业务对网络需求差异大,工厂网络分区、分模块建设的思路使得各分区业务功能明确、边界清晰,模块内调整影响范围小,更利于问题定位和故障隔离。工厂网络功能区介绍,如表5-1所示。

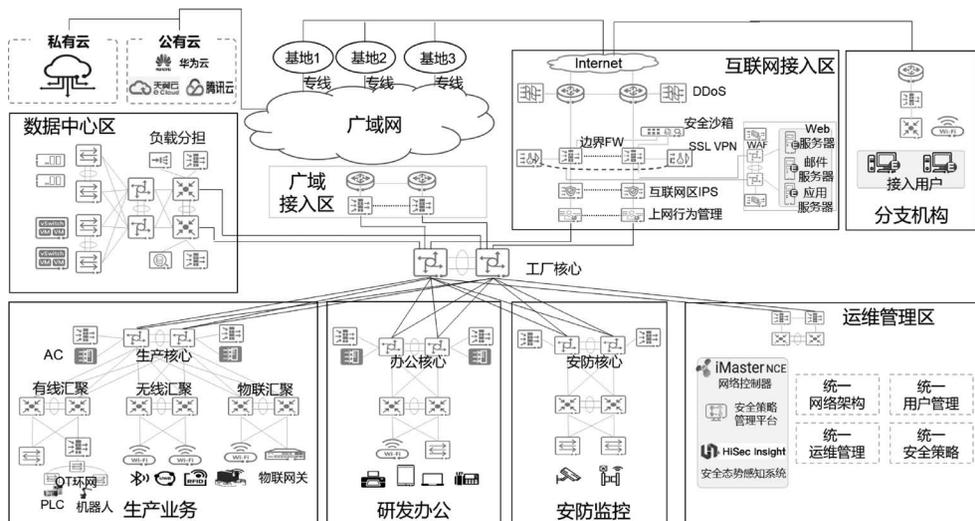


图 5-7 智慧工厂生产网网络架构

表 5-1 智慧工厂网络功能分区表

序号	功能分区	分区介绍
1	生产业务网	主要承载重要性较高的生产数据和部分控制业务，网络关键特征包括高可靠、高实时、高安全、无线化、多样性的有线无线接入，保障网络稳定运行。终端类型主要为生产装备、物流 AGV、传感器及各类生产 PAD
2	研发办公网	主要承载办公业务，例如，邮件、文件共享、视频会议等业务，接入终端以智能终端为主，网络建设更关注接入体验、视频会议保障等
3	安防监控网	主要承载工厂园区的安防业务，如设备管理、信息发布、园区楼宇智能化等园区管理业务。这些业务流量较大，接入设备往往以哑终端为主，网络建设更关注大带宽、防私接
4	工厂核心	整个工厂网络的核心枢纽，连接内部各个业务模块，可根据行业规定、业务发展等情况灵活动态增加新模块。该设备关注高稳定、高可靠
5	数据中心	主要承载工厂内各种应用系统的连接，例如，MES、QMS、WMS、CAPP、部分仿真、实验业务。数据中心网络更关注超算、存储、业务网的技术融合管理
6	安全隔离区	生产网通过安全隔离区严格控制进入生产网的连接、文件、远程运维等数据流。该区域主要针对有高安全要求或高威胁场景的生产网，为其提供安全保护
7	外网接入区	主要承担员工访问互联网、第三方供应商以及与其他数据中心网络的互通等功能，一般包括广域网接入区和互联网接入区。该区域建设时，通常需要根据不同的类型设置独立的安全防护策略
8	运维管理区	主要部署网络控制器、分析器、安全分析器、安全控制器等管理软件

生产网的网络底座应具备高可靠、高敏捷、高性能、高安全 4 大关键特征，满足稳定量产、柔性制造、研发提速和安全运营 4 个关键要求。

(1) 稳定量产

稳定量产高度依赖可靠的网络连接,通过打造“5个9”的高可靠生产网,以网络的零中断,保障生产执行“零”中断。具体包含高可靠生产 IT 网络、高可靠生产 OT 网络以及边缘计算物联网关三部分。具体网络架构如图 5-8 所示。

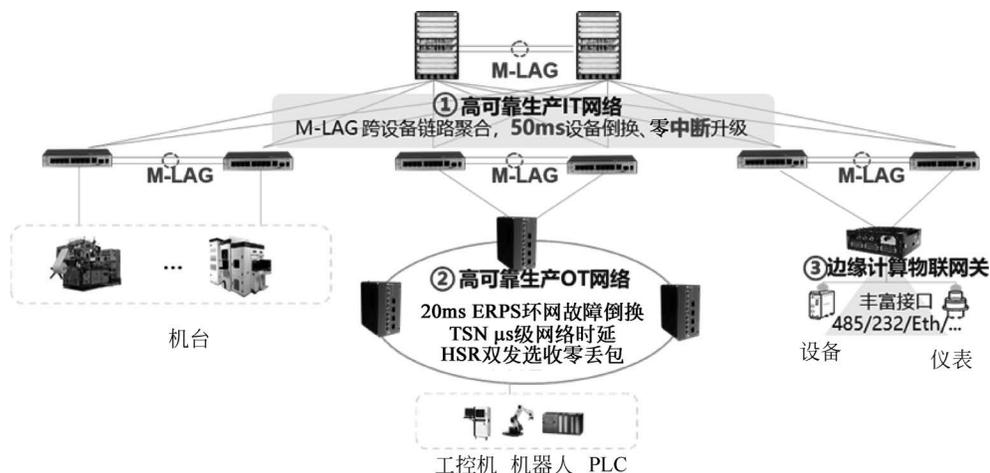


图 5-8 高可靠生产网架构

(2) 柔性制造

随着生产制造过程对敏捷化、柔性化要求的提高,生产线的布局和流程需要根据不同产品和工艺要求进行调整,全无线接入的解决方案应该做到覆盖范围广,并提供超大带宽,支持网络和设备的快速重新配置,从而适应生产过程的灵活调整。可通过 Wi-Fi 6 AP+CPE 组合,提供无损漫游、双发选收等关键技术能力,实现 Gb/s 大带宽,20ms@99.999% 高可靠,实现 AGV 全年零趴窝、产线机台调整时间从天级别提升至分钟级。同时,AP 上行也可接入超长光电复合缆,满足车间去机柜、无源等场景诉求,按需灵活部署。具体网络架构如图 5-9 所示。

(3) 研发提速

制造企业面临激烈的市场竞争和不断缩短的产品生命周期,因此加快产品研发和新品上市变得至关重要。为了满足这一要求,高性能算力成为关键因素。高性能算力可以帮助企业在产品研发过程中进行更复杂的模拟和计算,在早期阶段及时发现潜在的问题并快速优化产品设计,从而加快设计验证和测试过程。为了使得算力得到极致释放,大带宽、零丢包网络连接成为刚需。通过全无损以太解决方案,可打造高性能算力网络,以网络的零丢包,保障算力高效释放。网络架构如图 5-10 所示。

(4) 安全运营

对于制造企业而言,固定资产和信息资产的安全性是企业持续稳定运行的基础。在安全威胁不可避免的情况下,构建全方位的安全保障体系显得尤为关键。通过如图 5-11 所示的韧性生产安全解决方案来应对上述业务挑战,从对抗无穷的威胁,到保障有限的业务,构

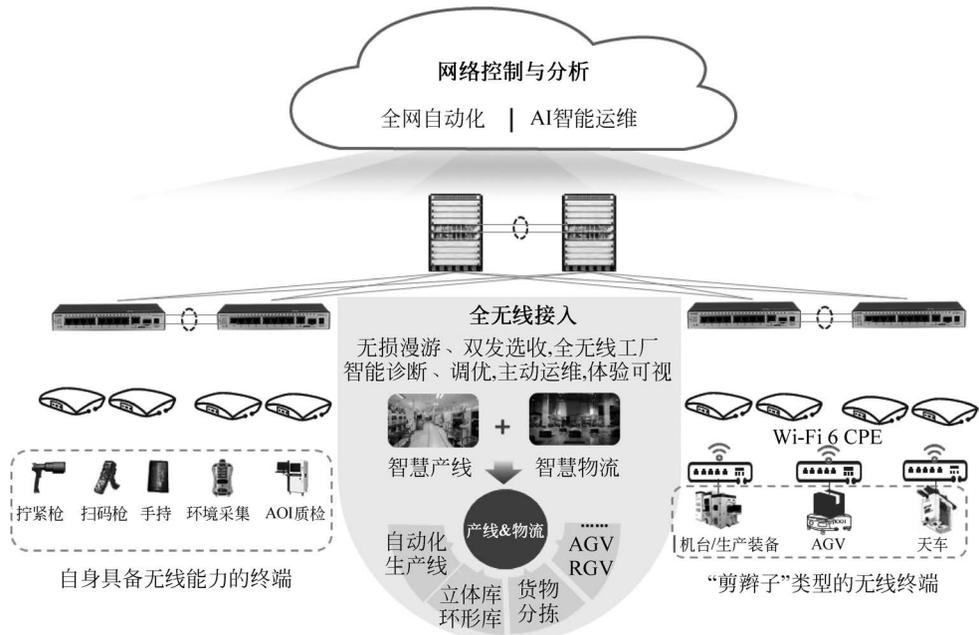


图 5-9 无线接入生产网架构

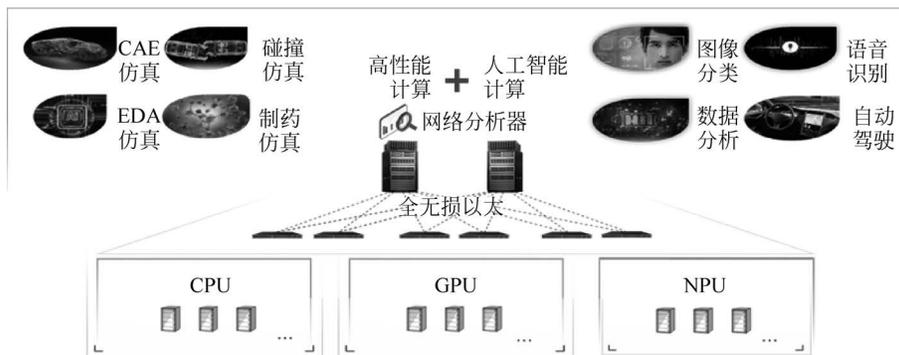


图 5-10 全无损以太算力网络架构



图 5-11 韧性生产网解决方案

建起可承受高强度攻击的韧性制造网络环境,确保企业的业务与数据安全,保障生产不断,数据不丢。

同时,针对机台漏洞开放、安全防护能力弱、病毒扩散后影响范围大等特点,通过微隔离等创新方案将高价值机台和老旧机台接入微隔离防火墙,开启防病毒和“虚拟补丁”功能,对机台提供贴身防护;安全管理系统统一管理所有的微隔离防火墙,划分安全域,灵活下发安全策略,阻断机台之间的非法通信,大幅缩小威胁扩散范围。

5.3 小结与展望

数字化和智能化已成为传统工厂向智慧工厂升级的必选项。通过云计算、大数据、AI人工智能、区块链等新兴技术,赋能生产环节数字化转型,能够帮助企业实现降本、增效和提质的目标。未来的生产将更多依赖数字化技术,IT的发展也将在 OT 生产环节发挥越来越重要的作用。

(1) **从被动响应到主动预防**: 生产制造不再是出现问题后被动响应和管理的模式,通过智能化技术的加持,主动预防成为生产效率提升的主要原因之一。

(2) **从结果检查到过程管控**: 智慧工厂的建设,改变了生产管理思路,生产过程不再只注重结果管理,同时更关注生产过程的精细化管控。

(3) **从个人经验到知识共享**: 将个人经验以知识、算法或模型的方式沉淀下来,能够实现整个团队的知识传承和持续受益。

(4) **从局部应用到平台集成**: 平台化和技术路线的统一,帮助生产企业实现最大化的能力共建和共享,降低资源配置成本,实现运营成本最优。

(5) **从单点优化到系统性持续改善**: 从小范围的效率提升上升到系统性持续改善,智慧工厂不再只关注局部优化,全局最优是未来工厂建设的目标之一。