

0.1 智能制造简介

0.1.1 智能制造的概念

智能制造是国际公认的实现工业体系转型升级的新一代工业技术,不断地为各大生产型企业所接受。智能制造的观念和技术并不是用来提高工厂现有单一设备的生产效率和质量工艺,而是通过合理化和智能化使用设备,通过最优的搭配方式组合各生产设备及工艺流程,从而提高工厂的总体生产效率。从工程角度、智能互连和通信(IoT^①和CPS^②)角度以及预测分析和决策(大数据、人工智能和云计算)角度,智能制造的定义分别如下。

从工程角度看,智能制造是高级智能系统的强化应用,可快速生产新产品,对产品需求做出动态响应并实时优化制造生产和供应链网络。同时,智能制造系统(smart manufacturing system,SMS)是新平台,在知识丰富的环境中,该平台集成了跨越工厂、分销中心、公司以及整个供应链的产品、运营和业务系统。在SMS中,制造的各个方面都是相互联系的,包括从原材料的获取到智能产品交付给客户。

从智能互连和通信(IoT和CPS)的角度来看,通过使用传感器和通信技术在制造的各个阶段捕获数据,SMS变得越来越“聪明”,因为它提高了生产率,同时减少了差错和生产浪费。

从预测分析和决策的角度来看,更易访问且无处不在的数据构成了大数据环境,可帮助制造企业更好预测、平衡生产并提高效率和生产率。基于大数据的SMS可以优化制造操作的计划和控制,包括预测性供应、预测性制造、故障诊断、资产利用和风险评估等。

智能制造作为广义的概念包含了五个方面:产品智能化、装备智能化、生产方式智能化、管理智能化和服务智能化。

① IoT即Internet of things,物联网。

② CPS即cyber physical systems,信息物理系统。

(1) 产品智能化。产品智能化是指将传感器、处理器、存储器、通信模块、传输系统融入各种产品,使得产品具备动态存储、感知和通信能力,实现产品可追溯、可识别、可定位。计算机、智能手机、智能电视、智能机器人、智能穿戴设备都是物联网的“原住民”,这些产品从生产出来就是网络终端。而传统的空调、冰箱、汽车、机床等都是物联网的“移民”,未来这些产品都需要连接到网络世界。

(2) 装备智能化。通过先进制造、信息处理、人工智能等技术的集成和融合,可以形成具有感知、分析、推理、决策、执行、自主学习及维护等自组织、自适应功能的智能生产系统以及网络化、协同化的生产设施,这些都属于智能装备。在工业4.0时代,装备智能化的进程可以在两个维度上进行:单机智能化,以及单机设备互连而形成的智能生产线、智能车间、智能工厂。需要强调的是,单纯的研发和生产端的改造不是智能制造的全部,基于渠道和消费者洞察的前端改造也是重要的一环。二者相互结合、相辅相成,才能完成端到端的全链条智能制造改造。

(3) 生产方式智能化。个性化定制、极少量生产、服务型制造以及云制造等新业态、新模式,其本质是在重组客户、供应商、销售商以及企业内部组织的关系,重构生产体系中信息流、产品流、资金流的运行模式,重建新的产业价值链、生态系统和竞争格局。工业时代,产品价值由企业定义,企业生产什么产品,用户就买什么产品,企业定价多少钱,用户就花多少钱——主动权完全掌握在企业手中。而智能制造能够实现个性化定制,不仅打掉了中间环节,还加快了商业流动,产品价值不再由企业定义,而是由用户来定义——只有用户认可的、用户参与的、用户愿意分享的、用户评价好的产品,才具有市场价值。

(4) 管理智能化。随着纵向集成、横向集成和端到端集成的不断深入,企业数据的及时性、完整性、准确性不断提高,必然使管理更加准确、更加高效、更加科学。

(5) 服务智能化。智能服务是智能制造的核心内容,越来越多的制造企业已经意识到了从生产型制造向生产服务型制造转型的重要性。今后,将会实现线上与线下并行的O2O服务,两股力量在服务智能方面相向而行:一股力量是传统制造业不断拓展服务;另一股力量是从消费互联网进入产业互联网,比如微信未来连接的不仅是人,还包括设备和设备、服务和服务、人和服务。个性化的研发设计、总集成、总承包等新服务产品的全生命周期管理,会伴随着生产方式的变革不断出现。

0.1.2 智能制造关键技术

1. 5G 技术

自20世纪70年代初以来,移动无线行业就开始了其技术创造、革命和演进。在过去的几十年中,移动无线技术经历了第四代(4G)到第五代(5G)技术的革命和演进。如今,出现了不同的无线和移动技术,例如第三代移动网络(UMTS即通用移动通信系统,CDMA2000)、LTE(长期演进)、Wi-Fi(IEEE 802.11无线网络)、WiMAX(IEEE 802.16无线和移动网络),以及传感器网络或个人区域网络(如蓝

牙)。移动终端包括基于电路交换的 GSM 之类的接口,所有无线和移动网络都实施全 IP 原则,这意味着所有数据和信令都将通过 IP(互联网协议)在网络层上传输,这是用户无法想象的,并且孩子们可以通过蓝牙技术和微微网尽情玩乐。5G 技术提供了摄像头、视频播放器等,可实现大存储功能。新一代无线移动多媒体互联网络可以完全不受限制地进行无线通信。5G 无线移动互联网络是真实的无线世界,将受到 LAS-CDMA(大面积同步码分多址)、OFDM(正交频分多路复用)、MCCDMA(多载波码分多址)、UWB(超宽带)、Network-LMDS(本地多点分发服务)和 IPv6 的支持,并提供了强大的数据功能、无限制的通话量以及无限的数据广播。5G 技术应该是更智能的技术,它可以无限制地互联整个世界。信息、娱乐和通信的普遍、不间断地访问世界将为我们的生活打开新的面貌,并极大地改变我们的生活方式。

5G 技术是网络连接技术的典型代表,推动无线连接向多元化、宽带化、综合化、智能化的方向发展,其低延时、高通量、高可靠技术、网络切片技术等弥补了通用网络技术难以完全满足工业性能和可靠性要求的技术短板,并通过灵活部署方式,改变了现有网络落地难的问题。5G 技术对工业互联网的赋能作用主要体现在两个方面。一方面,5G 低延时、高通量特点保证海量工业数据的实时回传。5G 较宽的子载波间隔、符号级的调度资源粒度等技术实现了 5G 网络的毫秒级低时延,保证了工业数据的实时采集;同时,5G 网络标准带宽提高到 40MHz 甚至 80MHz 或更高,为海量工业数据的采集提供了基础保障。另一方面,5G 的网络切片技术能够有效满足不同工业场景连接需求。5G 网络切片技术可实现独立定义网络架构、功能模块、网络能力(如用户数、吞吐量等)和业务类型等,减轻工业互联网平台及工业 APP 面向不同场景需求时的开发、部署、调试的复杂度,降低平台应用落地的技术门槛。

2. 工业人工智能技术

工业人工智能技术是人工智能(AI)技术基于工业需求进行二次开发适配形成的融合性技术,能够对高度复杂的工业数据进行计算、分析,提炼出相应的工业规律和知识,有效提升工业问题的决策水平。工业人工智能是工业互联网的重要组成部分,在全面感知、泛在连接、深度集成和高效处理的基础上,可以实现精准决策和动态优化,完成工业互联网的数据优化闭环。

工业人工智能技术的赋能作用体现在两大路径上:一是以专家系统、知识图谱为代表的知识工程路径,其通过梳理工业知识和规则为用户提供原理性指导。例如,某数控机床故障诊断专家系统,利用人机交互建立故障树,将其知识表示成以产生式规则为表现形式的专家知识,融合多传感器信息精确地诊断出故障原因和类型。二是以神经网络、机器学习为代表的统计计算路径,其基于数据分析,绕过机理和原理,直接求解出事件概率进而影响决策,典型应用包括机器视觉、预测性维护等。例如,某设备企业基于机器学习技术,对主油泵等核心关键部件进行健康评估与寿命预测,实现关键部件的预测性维护,从而降低计划外停机概率和安全

风险,提高设备可用性和经济效益。

工业人工智能技术的关键要素可以用“ABCDE”来表征,即分析技术(A)、大数据技术(B)、云或网络技术(C)、领域专有技术(D)和证据(E)。其中,分析是人工智能技术的核心,只有在存在其他要素的情况下,人工智能技术才能带来价值。大数据技术以及云或网络都是必不可少的元素,它们提供了信息(数据)的来源和工业人工智能技术的平台。尽管这些要素必不可少,但领域知识和证据也是重要的因素,在这种情况下,这些因素通常被忽略。领域知识是以下几个方面的关键要素:①了解问题并集中工业人工智能技术的力量来解决它;②了解系统,以便可以收集具有符合质量的正确数据;③了解参数的物理含义,以及它们如何与系统或过程的物理特征相关联;④了解这些参数如何随机器而变化。证据也是验证工业人工智能技术模型并使之具有累积学习能力的重要因素。通过收集数据模式和与这些模式相关的证据(或标签),能够改善人工智能技术模型,使其随着时间的增长变得更加准确、全面和可靠。

图 0-1 显示了拟议的工业人工智能技术生态系统。该生态系统定义了针对需求、挑战、技术和方法的顺序思维策略,以开发面向行业的变革性人工智能技术系统。从业者可以将图 0-1 作为制定工业人工智能技术开发和部署策略的系统指南。在目标行业中,该生态系统定义了常见的未满足需求,如自我意识、自我比较、自我预测、自我优化和适应力。图 0-1 中还包括四种主要的使能技术,包括数据技术(DT)、分析技术(AT)、平台技术(PT)和运营技术(OT)。

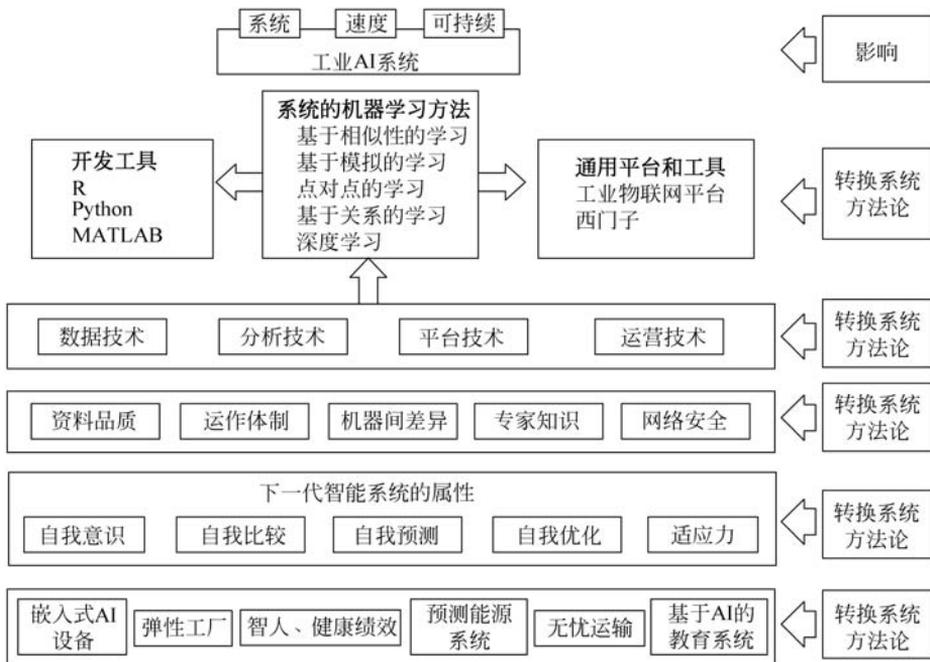


图 0-1 工业人工智能生态系统

3. 边缘计算技术

随着智能社会的发展和人们需求的不断提高,智能已涉及社会的各个行业和人们的日常生活。边缘设备已经遍及社会的各个方面,如智能家居和交通领域的自动驾驶汽车、相机、智能制造中的智能生产机器人等。因此,连接到 Internet 的设备数量已大大增加。基于数据量的持续大量增长和各种数据处理需求,基于云的大数据处理显示出许多缺点:①实时性。如果添加大量边缘设备,大量的终端数据仍会传输到云中进行处理,中间数据传输量将大大增加,数据传输性能将降低,导致网络传输带宽负荷大以及数据传输延迟。在一些需要实时反馈的应用程序场景中,如交通、监控等,云计算将无法实业务实时要求。②安全性和隐私。例如,当在智能手机中使用各种应用程序时,应用程序将需要用户数据,包括隐私数据。将数据上传到云中心后,隐私泄露或受到攻击的风险很高。③能源消耗。由于智能设备的数量持续增加,中国数据中心的能源消耗显著增加。提高云计算能耗的使用效率不能满足对数据能耗不断增长的需求。迅速发展的智能社会将对云计算的能耗提出更高的要求。

由于数据量的增加和数据处理需求的增加,边缘计算应运而生。边缘计算技术为快速增长的终端设备和数据提供人工智能服务,并使服务更加稳定。边缘计算离数据源(如智能终端)很近,它在网络边缘存储和处理数据。它具有接近度和位置感知能力,并为用户提供近端服务。它还可以解决云计算中能耗过多的问题,可降低成本,并减轻网络带宽的压力。边缘计算已应用于生产、能源、智能家居和交通运输等各个领域。

1) 定义

边缘计算不同于传统的云计算。它是一种新的计算范式,可在网络边缘执行计算。它的核心思想是使计算更接近数据源。研究人员对边缘计算有不同的定义。美国卡内基梅隆大学的教授 Satyanarayanan 将边缘计算描述为:“边缘计算是一种新的计算模型,该模型将计算和存储资源(如微数据中心)部署到服务器上。网络边缘更靠近移动设备或传感器。”中国边缘计算行业联盟将边缘计算定义为:“靠近网络边缘或数据源的开放平台,它集成了诸如网络、计算、存储、应用程序等核心功能,并就近提供边缘智能服务,以满足行业在连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全性和隐私性方面的关键要求。”

2) 优势

边缘计算模型可以在边缘设备上存储和处理数据,而无须上传到云计算平台。由于此功能,边缘计算在以下方面具有明显的优势。

(1) 快速的实时数据处理和分析。数据量的快速增长和网络带宽的压力是云计算的缺点。与传统的云计算相比,边缘计算在响应速度和实时性方面具有优势。边缘计算更接近数据源,可以在边缘计算节点中执行数据存储和计算任务,从而减少了中间数据传输过程。它强调靠近用户,并为用户提供更好的智能服务,从而提

高数据传输性能,确保实时处理并减少延迟时间。边缘计算为用户提供了各种快速响应服务,尤其是在自动驾驶、智能制造、视频监控和其他位置感知领域,快速反馈尤为重要。

(2) 安全性。传统的云计算要求将所有数据上传到云中进行统一处理,这是一种集中式处理方法。在此过程中,将存在诸如数据丢失和数据泄漏之类的风险,无法保证安全性和私密性。例如,账户密码、历史搜索记录甚至商业秘密都会被公开。由于边缘计算仅负责其自身范围内的任务,因此数据处理基于本地,无须上载到云中,从而避免了网络传输过程带来的风险,因此数据的安全性可以保证。当数据受到攻击时,只会影响本地数据,而不会影响所有数据。

(3) 低成本,低能耗,低带宽成本。在边缘计算中,由于不需要将要处理的数据上传到云计算中心,因此不需要使用过多的网络带宽,从而降低了网络带宽的负担,减少了网络边缘的智能设备的能耗。边缘计算是“小规模”的,在生产中,可以降低在本地设备中处理数据的成本。因此,边缘计算可以减少网络上传的数据量,降低传输成本和网络带宽压力,降低本地设备的能耗,提高计算效率。

边缘计算技术是计算技术发展的焦点,通过在靠近工业现场的网络边缘侧运行处理、分析等操作,就近提供边缘计算服务,能够更好地满足制造业敏捷连接、实时优化、安全可靠等方面的关键需求,改变传统制造控制系统和数据分析系统的部署运行方式。边缘计算技术的赋能作用主要体现在两个方面:一是降低工业现场的复杂性。目前在工业现场存在超过40种工业总线技术,工业设备之间的连接需要边缘计算提供“现场级”的计算能力,实现各种制式的网络通信协议相互转换、互联互通,同时又能够应对异构网络部署与配置、网络管理与维护等方面的艰巨挑战。二是提高工业数据计算的实时性和可靠性。在工业控制的部分场景,计算处理的时延要求在10ms以内。如果数据分析和控制逻辑全部在云端实现,则难以满足业务的实时性要求。同时,在工业生产中要求计算能力具备不受网络传输带宽和负载影响的“本地存活”能力,避免断网、时延过大等意外因素对实时性生产造成影响。边缘计算在服务实时性和可靠性方面能够满足工业互联网的发展要求。

4. 区块链技术

如今,加密货币已成为工业界和学术界的流行语。作为最成功的加密货币之一,比特币获得了巨大的成功。区块链作为比特币的底层核心技术,本质上是去中心化的数据库,主要由使用密码学方法相关联产生的数据块构成。如图0-2所示,区块链可以被视为公共分类账,所有已提交的交易都存储在区块列表中。随着新块的不断添加,该链会不断增长。为了保证用户安全和分类账一致性,已经实现了非对称加密和分布式共识算法。区块链技术通常具有去中心化、不可篡改性、匿名性和可审核性等关键特征。凭借这些特征,区块链可以大大节省成本并提高效率。

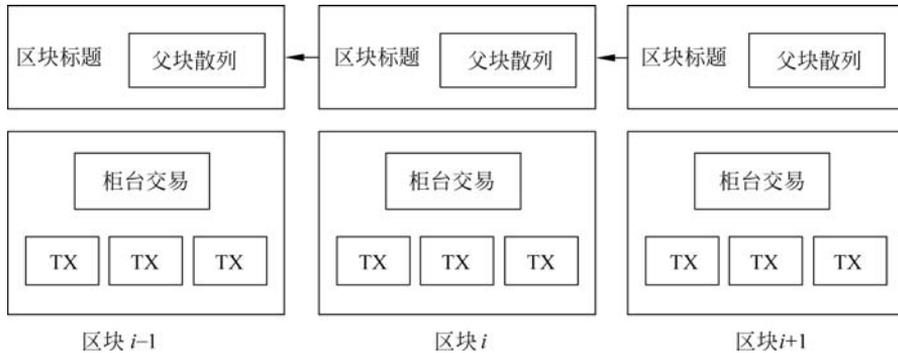


图 0-2 区块链的一个示例(其中包含连续的区块序列)

(1) 去中心化：在传统的集中式交易系统中，每笔交易都需要通过中央可信机构(如中央银行)进行验证，这就不可避免地会导致中央服务器的成本和性能瓶颈。与集中式模式相反，区块链中不再需要第三方。区块链中的共识算法用于维护分布式网络中的数据一致性。

(2) 不可篡改性：可以快速验证交易，“矿工”不会接受无效交易。一旦交易包含在区块链中，几乎就不可能删除或回滚交易，可以立即发现包含无效事务的块。

(3) 匿名性：每个用户都可以使用生成的地址与区块链进行交互，该地址不会透露用户的真实身份。值得注意的是，由于固有限制，区块链不能保证完美的隐私保护。

(4) 可审核性：比特币区块链基于未使用交易输出(UTX-O)模型存储有关用户余额的数据，任何交易都必须引用一些以前的未使用交易。一旦当前交易记录到区块链中，这些未使用交易的状态就会从未使用变为已使用。因此，可以轻松地验证和跟踪交易。

Ethereum 于 2013 年提出为区块链技术引入新功能，如智能合约，这改变了该项技术的整个策略，允许它集成更多的服务，对许多行业和学术领域有更多的价值。目前，区块链技术是数字加密技术、网络技术、计算技术等信息技术交织融合的产物，能够赋予数据难以篡改的特性，进而保障数据传输和信息交互的可信和透明，有效提升各制造环节生产要素的优化配置能力，加强不同制造主体之间的协作共享，以低成本建立互信的“机器共识”和“算法透明”，加速重构现有的业务逻辑和商业模式。区块链技术尚处于发展初期，其赋能作用如下：一是体现在能够解决高价值制造数据的追溯问题，例如，欧洲推出基于区块链的原材料认证，以保证在整个原材料价值链中环境、社会和经济影响评估标准的一致性；二是能够辅助制造业不同主体间高效协同，例如，波音公司基于区块链技术实现了多级供应商的全流程管理，供应链各环节能够无缝衔接，整体运转更高效、可靠，流程更可预期。

5. 数字孪生技术

通过先进的数据分析和物联网(IoT)连接，数字孪生技术处于工业 4.0 革命的

最前沿。物联网增加了可用于制造业、医疗保健和智慧城市环境的数据量。物联网的丰富环境与数据分析相结合,为预测性维护和故障检测提供了必不可少的资源,不仅如此,还包括制造流程和智能城市发展两个方面以及其未来的健康状况,同时还有助于在工况维护、故障监测和流量管理中进行异常检测。数字孪生可以通过创建连接的物理和虚拟孪生来解决物联网与数据分析之间无缝集成的挑战。数字孪生环境允许通过快速分析和准确分析做出实时决策。

美国国家航空航天局(NASA)在2012年发布了一篇论文,题为《未来 NASA 和美国空军飞行器的数字孪生范式》,为定义数字孪生树立了重要的里程碑。

数字孪生是制造技术、信息技术、融合性技术等交织融合的产物,其将不同数据源进行实时同步,并高效整合多类建模方法和工具,实现多学科、多维度、多环境的统一建模和分析,是工业互联网技术发展的集大成者。数字孪生技术尚处于发展初期,其赋能作用主要体现在高价值设备或产品的健康管理方面。例如,NASA 与 AFRL 合作,基于多数字孪生对 F-15 飞机机体进行健康状态的预测,并给出维修意见。空客基于数字样机实现飞机产品的并行研发,提升一致性及研发效率。长期来看,随着技术发展,贯穿全生命周期、全价值链数字孪生体建立后,能够全面变革设计、生产、运营、服务全流程的数据集成和分析方式,极大地扩展数据洞察的深度和广度,驱动生产方式和制造模式深远变革。

数字孪生技术的应用如下。

1) 智慧城市

由于物联网的快速发展,数字孪生技术在智慧城市中的用途和潜力正在逐年增加。随着智慧城市的发展,社区之间的联系越来越紧密,数字孪生技术的使用也越来越多。不仅如此,从城市中嵌入到我们核心服务中的 IoT 传感器收集到的更多数据,也将为旨在创建高级人工智能算法的研究铺平道路。

智慧城市中的服务和基础设施具有传感器并可以通过 IoT 设备进行监视的能力,对于各种面向未来的应用都具有巨大的价值。它可用于帮助规划和发展当前的智慧城市,并有助于其他智慧城市的持续发展。除计划的好处外,在节能领域也有好处。这些数据可以很好地洞察我们的公用事业是如何分配和使用的。智慧城市的进步是利用数字孪生技术的潜力。它可以通过在虚拟的双胞胎中创建一个可以实现两个目标的试验床来促进增长:一是测试场景;二是允许数字孪生技术通过分析所收集数据的变化从环境中学习。收集的数据可用于数据分析和监视。随着智慧城市的发展,数据连接性和可用数据量的增长,数字孪生的应用范围变得越来越广泛。

2) 制造

数字孪生技术的下一个已确定的应用是在制造环境中。造成这种情况的最大原因是,制造商一直在寻找一种可以跟踪和监视产品的方法,以期节省时间和金钱,这是任何制造商的主要动力目标。同样,随着智慧城市的发展,连接性成为制

造企业利用数字孪生技术的最大驱动力之一。当前的增长符合工业 4.0 的概念，这是第四次工业革命，它利用设备的连接性使数字孪生的概念在制造过程中得以实现。

数字孪生技术具有在机器性能以及生产线反馈方面提供实时状态的潜力，可以使制造商能够更快预测问题。使用数字孪生技术可以增加设备之间的连接性和反馈，从而提高可靠性。AI 算法与数字孪生技术结合使用具有更高的准确性，因为机器可以存储大量数据。数字孪生技术正在创造一个测试产品的环境以及一个基于实时数据的系统，在制造环境中，它有可能成为非常有价值的资产。

数字孪生技术的另一种应用是在汽车工业中，最著名的是特斯拉。具有引擎或汽车零件的数字孪生模型的能力对于将孪生模型用于仿真和数据分析而言可能是有价值的。AI 可以对实时车辆数据执行数据分析以预测组件的当前和将来性能，从而提高测试的准确性。

建筑行业是另一个拥有一系列数字孪生技术应用的领域。建筑物或构筑物的开发阶段是数字孪生技术的潜在应用。该技术不仅可以应用于智慧城市建筑或结构的开发，而且还可以作为持续进行的实时预测和监视工具。在预测和维护建筑物或结构时，如果实际上进行了物理更改，则使用数字孪生技术和数据分析可能会提供更高的准确性。数字孪生技术可在进行仿真时为施工团队提供更高的准确性，因为算法可以在建造物理建筑物之前在数字孪生技术中实时应用。

3) 医疗保健

医疗保健是数字孪生技术应用的另一个领域，该技术医疗保健领域所取得的增长和发展是空前的。由于 IoT 设备更便宜和更容易实现，因此，设备间连接性的增强促使数字孪生技术在医疗领域的潜在应用不断增长。一个未来的应用是人的数字孪生，可以对人体进行实时分析。当前更实际的应用是用于模拟某些药物作用的数字孪生技术。

同样，在医疗保健环境中的其他应用程序中，使用数字孪生技术可以使研究人员、医生、医院和医疗保健提供者能够模拟特定于其需求的环境，无论是实时的还是将来希望开发和使用的。不仅如此，数字孪生技术还可与 AI 算法同时使用，以做出更明智的预测和决策。医疗保健中的许多应用程序并不直接针对患者，而是对正在进行的护理和治疗有益，因此此类系统在患者护理方面具有关键作用。用于医疗保健的数字孪生技术尚处于起步阶段，但将其用于从病床管理到大型病房和医院管理的潜力是巨大的。数字孪生技术还可以协助进行预测性维护和医疗设备的持续维修。医疗环境中的数字孪生技术具有与 AI 一起基于实时和历史数据做出救生决策的潜力。

人工智能、物联网和工业 4.0 的进步共同促进了数字孪生技术应用程序的发展。

0.2 智能制造发展与应用

0.2.1 智能制造发展

智能制造是一种广泛的制造概念,其目的是通过充分利用先进的信息和制造技术来优化生产和产品交易。它被视为基于智能科学和技术的新制造模型,可以极大地升级典型产品的整个生命周期的设计、生产、管理和集成。可以使用各种智能传感器、自适应决策模型、高级材料、智能设备和数据分析来延长整个产品生命周期。生产效率、产品质量和服务水平将得到提高。

实现智能制造的一种形式是智能制造系统(IMS),它被认为是通过采用新模型、新形式和新方法将传统制造系统转变为智能系统而获得的下一代制造系统。在工业 4.0 时代,IMS 通过 Internet 使用面向服务的体系结构(SOA)向最终用户提供协作,可定制灵活和可重新配置的服务,从而实现高度集成的人机制造系统。人机合作的高度集成旨在建立 IMS 所涉及的各种制造要素的生态系统,从而可以无缝地组合组织、管理和技术水平。IMS 的一个例子是 Festo Didactic 网络物理工厂,该工厂为大型供应商、大学和学校提供技术培训和资格认证。

通过提供诸如学习、推理和行动之类的典型功能,AI 在 IMS 中扮演着至关重要的角色。通过使用 AI 技术,可以最大限度地减少人在 IMS 中的参与。例如,材料和生产成分可以自动安排,生产过程和制造操作可以实时监控。随着工业 4.0 不断获得认可,最终将实现自主感应、智能互连、智能学习分析和智能决策。例如,智能调度系统可以使作业基于 AI 技术和问题解决者进行调度,并可以在支持 Internet 的平台中作为服务提供给其他用户。

伴随工业 Internet 在各行各业的深耕落地,安全作为其发展的重要前提和保障,将会得到越来越多的重视。在未来的发展过程中,传统的安全防御技术已无法抗衡新的安全威胁,防护理念将从被动防护转向主动防御,主要表现在以下方面。

(1) 态势感知将成为重要技术手段。借助人工智能、大数据分析以及边缘计算等技术,基于协议深度解析及事件关联分析机制,分析工业互联网当前运行状态并预判未来安全走势,实现对工业互联网安全的全局掌控,并在出现安全威胁时通过网络中各类设备的协同联动机制及时进行抑制,阻止安全威胁的继续蔓延。

(2) 内生安全防御成为未来防护的大势所趋。在设备层面,可通过对设备芯片与操作系统进行安全加固,并对设备配置进行优化的方式实现应用程序脆弱性分析;可通过引入漏洞挖掘技术,对工业互联网应用及控制系统采取静态挖掘、动态挖掘实现对自身隐患的常态化排查;各类通信协议安全保障机制可在新本协议中加入数据加密、身份验证、访问控制等机制提升其安全性。

(3) 工业互联网安全防护智能化将不断发展。未来对于工业互联网安全防护