人工智能+产业元宇宙

白皮书

(2024 版)

Lenovo 联想新视界

目 录

第一章 数字经济的发展背景 5

1.1 数字经济是全球大国竞争主战场 5

1.2 我国数字经济发展面临的机遇及挑战 5

1.3 数字经济发展趋势 7

1.3.1 人工智能是数字经济核心驱动力 7

1.3.2 元宇宙是数智化高阶阶段的必然产物 7

1.4 产业数字化是数字经济的核心，有助于加快形成新质生产力 8

第二章 人工智能+产业元宇宙构建产业数字化新范式 9

2.1 产业数字化面临的问题 9

2.2 人工智能+产业元宇宙构建产业数字化新范式 10

2.2.1 人工智能+产业元宇宙的定义 10

2.2.2 人工智能+产业元宇宙新范式 11

2.2.3 产业数字化问题的解决之道 15

2.3 人工智能+产业元宇宙模式效益 16

第三章 联想新视界人工智能+产业元宇宙产品体系 18

3.1 人工智能+产业元宇宙产品体系整体说明 18

3.2 NovoVerse 产业元宇宙平台 18

3.2.1 平台概述 18

3.2.2 领域大模型 21

3.2.3 Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎 27

3.2.4 M-Engine 模型引擎 35

3.2.5 I-Engine 多模态仿真引擎 37

3.2.6 C-Engine 智能控制引擎 40
3.2.7 元宇宙场景生成 41
3.2.8 元宇宙应用生成 44
3.2.9 专家数字人 51
3.3 DTOS 数字孪生操作系统 51
3.4 软硬件一体化产品 53
3.4.1 派中心数智专家一体机 53
3.4.2 边缘计算集群一体机 55
3.4.3 元宇宙机器人 57
3.5 NOVODATA 数字资产平台 59
3.5.1 平台概述 59
3.5.2 AH IOT 物联网平台 60
3.5.3 AH Fusion 大数据平台 62
3.5.4 DataOps 数据治理 64
3.5.5 XHUB 数据资产管理 70
第四章 人工智能+产业元宇宙解决方案和典型案例 74
4.1 人工智能+工业元宇宙 74
4.1.1 工业流程各环节解决方案 74
4.1.2 工业系统各层级解决方案 86
4.1.3 典型应用案例 92
4.2 人工智能+交通元宇宙 98
4.2.1 交通枢纽元宇宙解决方案 98
4.2.2 车路协同解决方案 104
4.2.3 典型应用案例 110
4.3 人工智能+园区元宇宙 111

4.3.1 智慧园区解决方案 111
4.3.2 典型应用案例 117
4.4 人工智能+双碳元宇宙 118
4.4.1 双碳解决方案 118
4.4.2 典型应用案例 126
4.5 人工智能+中小企业元宇宙 127
4.5.1 中小企业解决方案 127
4.5.2 典型应用案例 133
第五章 人工智能+产业元宇宙未来展望 135
5.1 打造业界最佳典范 135
5.2 加快数字资产化进程 135
5.3 共建产业元宇宙生态圈 136

前　言

数字经济，作为当代社会经济发展的重要引擎，以其独特的数据核心和信息技术驱动的特性，正在引领着一场对传统经济模式的深刻变革。在这场变革中，人工智能生成内容（AI Generated Content，AIGC）、领域大模型以及产业元宇宙等新兴技术正逐渐崭露头角，为数字经济的进一步发展注入新的活力。

AIGC 以其强大的内容生成能力，改变了人们获取、处理和应用信息的方式；领域大模型通过深度学习行业 Know-How，精准地把握特定领域的知识和规律，为各行各业提供智能化的解决方案；产业元宇宙则通过数字孪生、仿真推演、虚拟现实等技术，构建了一个与现实世界相互交融的虚拟世界，实现了物理世界与数字世界的无缝对接和沉浸式体验。

然而，尽管人工智能和产业元宇宙各自的技术应用和发展趋势已经得到了广泛的关注和探讨，但将两者结合起来的探索仍然相对较少。联想新视界作为产业元宇宙的平台和应用服务商，基于领域大模型、AIGC、数字孪生、仿真推演等核心技术成果，探讨如何构建人工智能+产业元宇宙的产业数字化新范式，填补“人工智能+产业元宇宙”这一研究空白，深入探讨两者如何融合，以及如何应用相关产品及解决方案共同推动数字经济和产业数字化的创新发展。

我们坚信，“人工智能+产业元宇宙”将成为未来数字经济发展的重要方向，两者的结合将为我们带来前所未有的发展机遇。通过领域大模型的专业知识理解和处理能力、人工智能 AIGC 的内容生成能力、产业元宇宙的虚拟空间构建能力、专家数字人的沉浸式交互能力，为各行各业提供全新的解决方案。这些解决方案将帮助企业实现更高效的生产、更精准的管理以及更优质的客户服务，推动整个产业链的升级和转型。

本白皮书旨在为读者提供全面、深入的了解和认识，希望能够激发更多的思考和创新，为推动数字经济的持续发展贡献智慧和力量。

第一章 数字经济的发展背景

1.1 数字经济是全球大国竞争主战场

随着人工智能、信息通信等数字技术迅猛发展，数字技术创新驱动的数字经济正深刻改变着传统经济发展模式，成为全球经济发展新的重要增长引擎。数字经济在重塑国际竞争格局中扮演关键力量。数字经济作为一种全新的社会经济形态，对工业经济时代构建的全球产业分工格局和竞争秩序形成颠覆性挑战，成为决定未来几十年重塑全球竞争新格局的关键因素。

全球范围内，美国、欧盟、韩国等发达国家率先意识到数字经济的重要性，战略布局起步较早。美国早在 20 世纪 90 年代，就率先提出了著名的“信息高速公路”和“数字地球”的概念，相继发布《浮现中的数字经济》《数字经济 2000》《数字经济 2002》《数字经济 2003》等报告，2016 年发布了国家人工智能研究与发展战略计划，支持人工智能的研究和创新；欧盟提出“单一数字市场战略”、“欧洲工业数字化战略”以及《欧盟人工智能战略》等，旨在建立基于规则和标准的数字空间框架，同时积极推动数字经济的立法工作，为数字经济的健康发展提供法律依据；日本早在 2001 年就发布《e-Japan 战略》，之后相继发布《i-Japan》《ICT 成长战略》《智能日本 ICT 战略》等，高度重视数字经济信息化、网络化、智能化。相比之下，发展中国家数字经济布局相对较晚。2017 年，俄罗斯将数字经济列入《俄罗斯联邦 2018-2025 年主要战略发展方向目录》，制定《俄联邦数字经济发展 2035 规划》《2030 年前人工智能发展国家战略》等，加速发展数字经济。2015 年印度推出”数字印度“计划，提出要普及宽带上网、建立全国数据中心以及促进电子政务【1】。

1.2 我国数字经济发展面临的机遇及挑战

在国家层面，我国政府积极制定战略规划，引导数字经济的发展方向。2019 年我国在中央经济工作会议中首提“要大力发展数字经济”。2021 年 3 月，国务院发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，纲要提出要促进数字技术与实体经济深度融合，赋能传统产业转型升级，催生新产业新业态新模式，壮大经济发展新引擎【2】。2022 年国家国务院发布了《“十四五”数字经济发展规划》，明确提出要以数字技术与实体经济深度融合为主线，协同推进数字产业化和产业数字化【3】。2023 年中共中央、国务院印发《数字中国建设整体布局规划》，规划指出要做强做优做大数字经济【4】。同年国家发改委发布《数

字经济促进共同富裕实施方案》，指出要发挥数字经济在助力实现共同富裕中的重要作用，推动数字技术赋能实体经济发展【5】。

此外，国家大力推动数据资源资产化，2023 年 8 月，财政部发布《企业数据资源相关会计处理暂行规定》，规定将企业数据资源确认为资产，准确地反映了企业数据资源的价值，推动数据资源向数据资产转化，进一步发挥数据作为生产要素的作用。国家互联网信息办公室公布的数据显示，2022 年我国数据产量达 8.1ZB，同比增长 22.7%【6】。中国证券报显示，综合相关机构测算数据，2022 年全国数据资产市场总规模达 8.6 万亿元，带动相关产业数字化潜在收益达 34.4 万亿元，叠加数据资产衍生市场，其潜在总规模可能超过 60 万亿元【7】。财政部数据资产化政策为数智化发展提供了政策保障，将进一步激活企业庞大的数据资产。

地方层面，呼应中央政策，围绕促进数字技术和实体经济融合发展，赋能传统产业转型升级，北京、上海、浙江、天津、广东等我国 31 个省市自治区陆续出台数字经济发展目标及相关政策。从政策的侧重点来看，数字经济领先地区已经从发展自身扩展至区域性发展，再拓展至带动型发展。上海、广东、浙江、江苏等沿海地区已开始规划数字经济的管理、健全数字领域法规及政策体系，而部分数字产业起步较晚的地区仍以相关数字基建为主【8】。

在中央和地方的共同努力下，我国数字经济市场规模也在持续增长。据中商产业研究院发布的报告，2022 年中国数字经济市场规模已达 50.2 万亿元，总量稳居世界第二，占 GDP 比重提升至 41.5%，这一比重相当于第二产业占国民经济的比重（39.9%），显示出数字经济在国民经济中的重要地位。预计 2023 年市场规模将增长至 56.7 万亿元，占中国经济总量 47.6%。而到 2024 年，市场规模有望增至 63.8 万亿元【9】。这一增长趋势显示出我国数字经济强大的发展动能和广阔的市场前景。

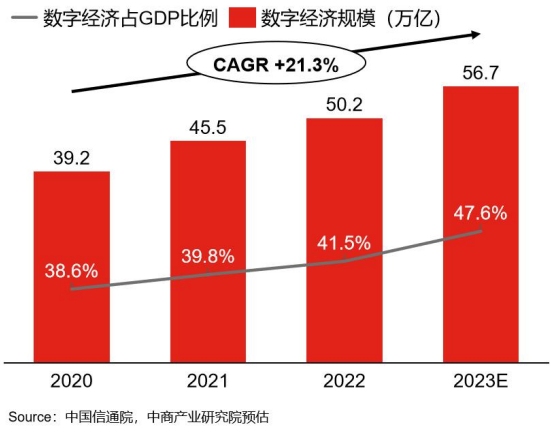


图 1-1 中国数字经济发展规模

然而，我国经济现代化起步较晚，创新研发实力相对薄弱，治理体系不够完善，数字经济发展仍面临诸多挑战。首先，关键领域创新能力不足，产业链供应链受制于人的局面尚未根本改变。

工业控制软件、基本算法、新一代信息技术等领域仍然受制于人，产业链及供应链高端环节缺乏控制力，许多关键设备仪器与核心技术对外依存度较高，一旦外部供应出现问题，就可能导致整个产业链出现断裂风险。二是数据资源规模庞大，价值潜力没有得到充分释放。许多传统行业还在采用线下手工记录数据的方式，对数据的采集、加工整理及应用程度严重不足。这导致数据资源普遍存在数据散乱、质量差、管理难等问题，数据价值没有被有效挖掘利用。三是不同行业、不同区域、不同群体间数字鸿沟未有效弥合。信息技术行业以及传统行业之间由于技术水平和需求差异，导致数字技术应用差异大；发达地区与欠发达地区由于基础设施完善程度、信息获取渠道等不同，导致两者数字鸿沟显著；社会不同群体间由于接受新事物能力、受教育程度不同，也导致数字技术理解应用差异显著。四是中小企业的数智化转型程度不足。中小企业是国民经济的生力军，是数量最大、最具活力的企业群体，是推动产业高质量发展的关键，然而中小企业面临着资金限制、人才限制等问题，制约了数字经济的发展；四是数字经济治理体系需进一步完善。当前数据权属确认、交易规则、流通体系、安全监管等制度体系、法律法规以及标准规范等还不健全，数字经济企业间不同的业务框架和系统导致数据联通、整合与共享不足，制约着“数字红利”的释放。

1.3 数字经济发展趋势

1.3.1 人工智能是数字经济核心驱动力

第四次工业革命，也被称为工业 4.0，其核心在于信息化技术如何促进产业变革，实现万物互联和产业智能化。领域大模型、AIGC 等人工智能技术的突破为万物互联以及产业智能化提供了全新的解决方案，成为了全面启动第四次工业革命的导火索。通过领域大模型训练海量行业专业知识和领域 Know-How，将大模型技术与行业业务场景深度融合，充分理解各行业各领域积累的大量专业知识数据、基础能力和场景需求，将智能化带入到企业生产、运营、管理、服务等各个环节，不断提升感知、认知和决策能力，逐渐推动企业发展走向“自适应、自决策、自执行”的智能化阶段。通过 AIGC 技术自动生成工业仿真场景，通过自然语言交互大幅减少手动创建复杂场景所需的时间和工作量，提高生产效率，真正实现产业智能化。

1.3.2 元宇宙是数智化高阶阶段的必然产物

随着人工智能、数字孪生等数字化技术的逐渐成熟，摆脱了传统产业“黑箱式”的生产模式与单调的呈现方式，通过数字孪生、仿真推演、数字人等，将用户带入一个高度仿真、全方位感知的虚拟世界中，使得人类能够更直观、更深入地驾驭数据，因此元宇宙是数智化高阶阶段的必

然产物。在元宇宙的世界里，通过数字孪生技术创建物理世界的数字副本，实现实时数据同步，使人类能够更直观地理解和操控现实世界。通过仿真推演技术模拟各种场景和事件的发展过程，并预测其可能的结果，这种预测不仅可以用于产品设计、制造、生产和测试，还可以用于城市规划、交通管理、灾害应对等领域，为人类提供更有效的决策支持。通过数字人模拟人类的外观、行为和情感反应，不仅具有高度的仿真性，能够还拥有独立的思考和决策能力，为用户提供沉浸式的交互体验，极大地丰富了元宇宙的内容和应用场景。

1.4 产业数字化是数字经济的核心，有助于加快形成新质生产力

2022 年赛迪研究院发布《2022 中国数字经济发展研究报告》，报告指出数字产业化和产业数字化代表了数字经济时代生产力发展的新形态，是数字经济的核心【10】。2023 年 9 月，习近平总书记在召开的新时代推动东北全面振兴座谈会上指出，要“积极培育未来产业，加快形成新质生产力，增强发展新动能【11】。”2024 年，科技部部长指出，科技创新是驱动新质生产力发展的核心要素【12】。通过产业数字化促进数字技术与实体经济的深度融合，推动传统产业尤其是制造业生产方式、组织方式的数字化转型和智能化升级，有助于优化市场的供需匹配机制和资源配置效率，铸造产业发展的新动能新优势，为新质生产力新产业新业态注入了强大的动力。

首先，产业数字化通过深度融合先进的信息技术与传统产业，实现了对传统生产方式的根本性变革。利用大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，对生产流程进行智能化改造，提高了生产效率和质量。这种数字化改造不仅优化了资源配置，降低了生产成本，还推动了产品创新和服务模式的创新，为企业创造了更大的市场价值。其次，产业数字化推动了产业结构的升级和转型。在数字化的驱动下，传统产业不断向高端化、智能化、绿色化方向发展，新兴产业也得以快速崛起。这种产业结构的变化，不仅提升了整个产业的竞争力，也为经济发展注入了新的动力。此外，产业数字化还促进了创新要素的集聚和融合。数字化技术打破了传统产业的边界，推动了不同产业之间的跨界融合和协同创新。这使得企业能够更容易地获取和整合创新资源，加速技术创新和商业模式创新的步伐。这种创新能力的提升，有助于企业在激烈的市场竞争中脱颖而出。

第二章 人工智能+产业元宇宙构建产业数字化新范式

2.1 产业数字化面临的问题

工业 4.0 作为第四次工业革命的核心战略规划，在推动制造业转型升级、提高生产效率和质量方面取得了显著成效。然而随着技术的发展，企业在产业数字化进程中仍然面临以下问题：

1. 业务领域高度跨学科化，需求理解难

数字化转型过程中涉及到需要理解来自产品设计、研发、生产、供应链、运营、销售、服务等多方面的复杂业务需求。以生产举例，工业现场无处不在的传感器、嵌入式终端系统、智能控制系统以及通信设施，都是数字化转型的关键组成部分，对于各类系统的理解和集成至关重要。需要具备数字化、自动化、工业网络等能力的跨学科知识和技能的人才，才能理解并应用不同领域的需求、知识，以推动企业数字化转型及创新。

2、项目执行过程复杂，实施链条长

项目执行过程通常涵盖咨询规划、需求分析、系统设计、开发实施以及运营管理等多个环节，这一过程从初始的业务需求理解到最终的落地实施，涉及多个部门和专业的协同工作，形成了一个复杂且漫长的链条。在这一链条中，每个环节都需要严格执行，以确保项目能够顺利推进并达到预期目标。然而，由于链条过长，往往导致信息传递不畅、沟通成本增加以及时间延误等问题，因此，如何有效地缩短这一链条，提高项目执行效率，成为亟待解决的问题。

3、数字化转型成本高，系统灵活度差

产业数字化涉及物联网、大数据、人工智能等先进技术，还包括设备采购、系统建设、软件开发、数据分析以及人员培训等费用，往往需要大量的投资。其次，传统生产方式往往注重标准化和规模化，现代消费者对于产品和服务的个性化需求变得越来越高，个性化定制成本较高。此外，工业 4.0 强调智能化、自动化和互联化，然而许多企业的系统往往缺乏足够的灵活性，技术架构的固化、系统接口的限制等原因导致企业难以满足快速变化的市场需求和业务场景。

4、中小企业产业数字化困境亟需突破

中小企业是制造业数字化转型的主战场，是实体经济发展的主力军。但是相较于大型企业，中小企业在产业数字化转型中面临的困境更加突出。数字化转型是渐进发展、螺旋上升的长期过程，然而中小企业普遍资金紧张，人才缺失，加之数字化转型投入产出存在不确定性，抑制了企业转型的积极性。此外，中小企业往往技术实力薄弱、研发能力不足，缺乏高性价比、高适配性数字化平台和工具，亟需选择并应用符合自身行业特点的小型化、快速化、轻量化、精准化的应用和订阅式服务，满足企业数字化转型的需求。

2.2 人工智能+产业元宇宙构建产业数字化新范式

2.2.1 人工智能+产业元宇宙的定义

"人工智能+产业元宇宙"是指将人工智能与产业元宇宙相结合，能够更好地赋能各行业各领域产业数字化发展的新技术模式，两者的结合将为行业提供更加丰富的应用场景和解决方案，加速企业数字化转型的进程，同时也将有助于提升行业的整体效率和竞争力，促进国家经济的高质量发展。

其中，人工智能以领域大模型和 AIGC 技术为核心，通过领域大模型解决传统大模型对行业知识、规则理解不够的问题，以行业高质量数据、行业 Know-How 为基础，凭借卓越的理解能力、生成能力和泛化能力，深度洞察工业领域的复杂问题，不仅可以理解并处理海量的数据，还能从中挖掘出隐藏在数据背后的规律和趋势，其泛化能力使其能够在更专业的行业业务场景中发挥重要作用。AIGC 则能够模拟人类的语言和行为，自动地生成符合语法和语义规则的内容，使得内容生产更加高效、便捷，将 AIGC 与产业元宇宙技术相结合，自动生成仿真场景及应用，将极大地促进企业提质增效，降低成本。

产业元宇宙则是以数字孪生、XR 为代表的新型信息通信技术与实体产业经济深度融合的工业生态，通过云计算、区块链、数字孪生、XR 等技术打通人、机、物、系统等的无缝连接，将数字技术与现实产业结合，促进实体产业高效发展。产业元宇宙以物理实体世界为建模对象，通过数字孪生等技术实现对工厂、园区、城市等的全天候实时智能化管理。产业元宇宙平台的目标是，打造低时延、高保真、智能决策的数字孪生系统，推动多类型软件集成，推进物流、资金流和信息流的融合应用。广泛采用沉浸交互设备实现工厂、园区、城市等的智能巡检、远程协作等应用，打造物理世界运行监测系统，实现生产、运营等各环节信息全面感知、实时优化和实时反馈，最终**形成持续优化的产业元宇宙价值闭环。**

从演进模式上看，产业元宇宙的价值闭环可以分为数字孪生、仿真推演、以虚控实三个层次：

1. **数字孪生：**第一个层次也就是数字孪生体，将现实世界完全镜像到虚拟世界，在虚拟空间中建立人、物、场等拟真的动态孪生体，实现物理世界中所有数据、业务流程的充分融合。
2. **仿真推演：**第二个层次是仿真推演，即虚实共生，核心就是在根据数字孪生层建立的数据和智能化模型，实现在虚拟空间进行仿真推演、预测和智能决策。
3. **以虚控实：**第三个层次，是以虚促实、以虚强实，在虚拟空间中进行的仿真、优化、决策的结果，要通过反控机制，反馈到物理世界中，实现物理世界（真实世界）的持续优化。

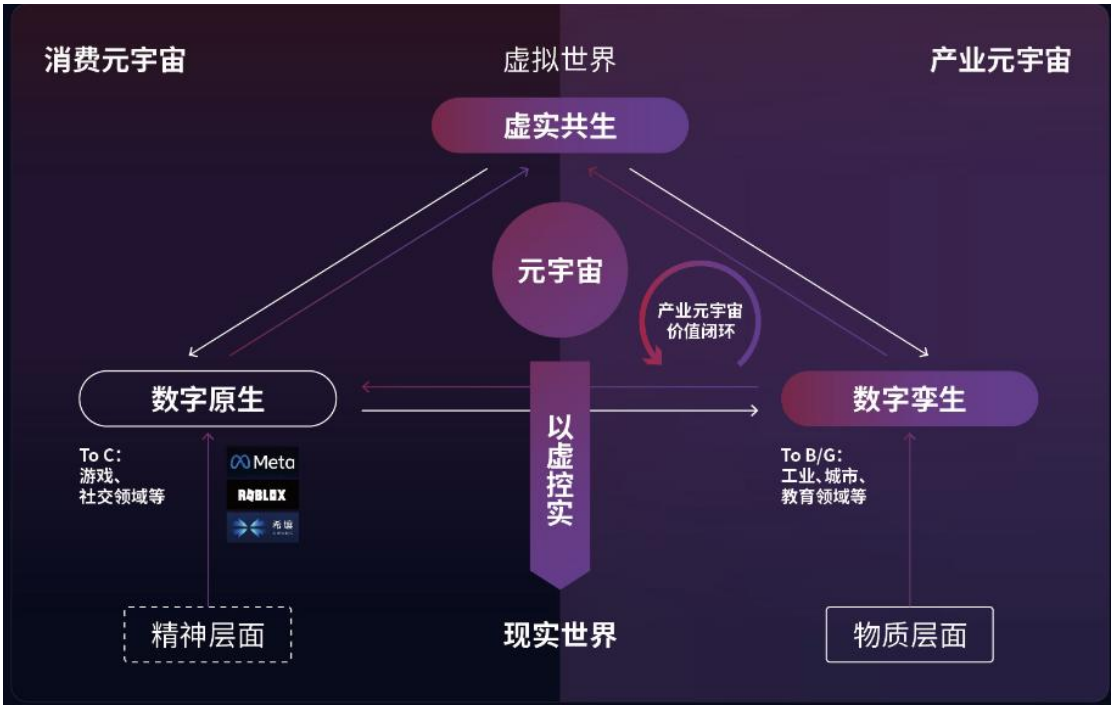


图 2-1 产业元宇宙的演进模式

2.2.2 人工智能+产业元宇宙新范式

图 2-2 人工智能+产业元宇宙新范式

人工智能+产业元宇宙新范式以领域大模型为核心大脑，提供对海量高质量行业数据、行业 Know-How 等的高效学习和迭代能力；在领域大模型驱动下，以 AIGC 技术为关键手段，以专家数字人为交互媒介，通过自然语言交互自动生成设计场景、孪生场景、仿真场景、自动化系统、信息化系统，以及业务指标体系，从而实现对物理世界的数字孪生、仿真推演以及以虚控实，通

过“数字孪生 - 仿真推演 - 以虚控实”闭环，实现企业效率、运营、成本等的持续优化。

1. 以领域大模型为核心大脑

传统大模型在处理特定行业任务时，往往对行业知识、术语、规则等理解不够，在面对专业问题时难以提供切实有效的解决方案。领域大模型构建了庞大的参数体系，通过对垂直行业细分领域的海量高质量数据进行更有针对性地训练和优化，从而更好地理解行业的语义和规范，更有效地执行专业性更强的任务。例如在工业领域，领域大模型可以在产品研发设计、生产制造、运营服务等各个环节发挥重要作用。在设计环节，借助大模型生成能力可以快速为工业产品或零件提供多种设计方案，缩短产品开发周期；在供应链环节，利用领域大模型对供应链数据进行分析和预测，实现对原材料采购、库存管理、物流配送等环节的优化。通过预测市场需求和原材料价格波动趋势，企业可以更加精准地制定采购计划和库存策略，降低库存成本和运营风险。

2. 以 AIGC 技术为手段，专家数字人为媒介，通过自然语言交互自动生成内容

作为内容生成的关键技术手段，AIGC 能够快速而精准地分析和处理大量信息，自动生成用户想要的内容。专家数字人则充当着与用户沟通的桥梁，通过自然语言的沉浸式交互，让每个人都能轻松地与数字人智能系统进行对话。用户只需提出需求和问题，AIGC 便在幕后高速运转，以其卓越的能力迅速生成丰富多样的内容。两者均具备自学习和自优化能力，专家数字人可以通过机器学习不断从新的数据中学习，优化其知识库，同时 AIGC 技术也能够根据最新的业务数据和市场趋势调整生成的内容，确保内容的持续适应性和前瞻性。

（1）**生成设计场景：**设计场景是指根据实际的业务需求与业务规则等，进行虚拟场景设计并寻求最优设计方案。利用 AIGC、大模型、领域特定语言（Domain Specific Language，DSL）等技术，从现有领域大模型知识数据以及用户自然语言中学习、理解并自动生成一个高度精确的数字孪生模型。以立体仓库设计仿真应用的生成为例，AIGC 可以根据用户输入的参数和要求，结合学习的立体仓库专业知识，设计立体仓库物流路径和建筑布局，最终生成立体仓库的 3D 场景和业务仿真系统。整个过程无需关注技术实现和底层设计逻辑，操作门槛大幅降低，模型设计效率大幅提升。

（2）生成孪生场景：孪生场景是指创建一个物理实体的数字化副本，这个副本能够实现物理实体在现实世界中的行为和性能的全真模拟和镜像。以产线数字孪生为例，通过 AIGC 收集和分析实际生产线的数据，如设备状态、物理实体的传感器数据、操作日志和环境参数、生产流程、设备 CAD 模型、图纸等，为数字孪生线的构建提供基础知识数据。AIGC 根据生产线的实际情况，自动生成包含设备、物料流动路径、操作员等元素的 3D 产线孪生场景，模拟设备的物理属性，

如速度、能耗、故障率等，并考虑物料流动、设备交互等动态因素。通过 AIGC 可以实时准确地反映实际生产线的状态和行为，包括设备启动、物料传输、加工过程等。

（3）生成仿真场景：在传统的仿真推演中，专家必须依赖个人经验，通过复杂的逻辑推理和数据分析来预测未来事件或评估决策的可能结果。这种方法受限于专家的知识和信息的完整性，且过程繁琐，耗时较长。AIGC 的应用使得仿真推演过程自动化和智能化，通过分析历史数据和实时信息，利用大模型、机器学习、DSL 等快速生成基于数据的推演模型。这些模型能够反复模拟复杂系统的行为，预测未来趋势，并评估不同决策的影响。例如，通过 AIGC 技术自动生成数字孪生产线，通过调整产线上人员数量、物料供应速度、设备配置等参数，进行相应的产能预测，评估不同参数对产能的灵敏度，了解哪些参数对产能影响最大。推演结果可作为决策支持工具，帮助决策者制定最优的产线参数配置方案。

（4）生成自动化系统：自动化系统生成的过程涉及到数字孪生模型的创建、实时数据集成、控制指令生成和设备行为驱动等多个环节。首先，系统会根据设备的实际运行状态和性能数据，生成出一个高度精确的虚拟模型。接着，平台会实时集成来自设备的各类数据，包括传感器数据、运行日志等。这些数据为平台提供了关于设备当前状态的详细信息，是生成控制指令的重要依据。基于这些实时数据，数字孪生平台会运用先进的算法和模型，分析设备的运行状态和性能趋势，预测可能出现的问题或优化空间。然后，平台会根据分析结果生成相应的控制指令。这些控制指令会被发送到实际设备中，驱动设备按照指令执行相应的操作。通过这种方式，数字孪生平台实现了对设备的远程控制和管理，能够实时调整设备的运行参数和行为模式，以达到优化设备运行、提高生产效率的目的。

（5）生成信息化系统：指通过构建数字孪生体可以生成一个与生产现场相对应的虚拟工厂，模拟整个生产过程，包括设备状态、物料流动、生产计划等，从而生成一个真实的制造企业生产过程执行系统（Manufacturing Execution System, MES）。基于生产现场的各种数据，如设备运行状态、产量、质量等，MES 系统可以帮助优化生产计划、调度资源、提高生产效率；此外，还可以为 MES 系统提供可视化功能。通过虚拟现实技术，企业可以在数字孪生平台上创建一个虚拟的生产环境，让员工在虚拟环境中进行模拟操作、培训和协同工作。这不仅提高了员工的技能和效率，还降低了培训成本和安全风险。总之，通过数字孪生平台生成 MES 等信息系统，企业可以实现生产过程的数字化、智能化和可视化，提高生产效率、降低成本、优化资源配置，为企业的发展提供有力支持。

（6）生成业务指标体系：指利用先进的算法和模型，对收集到的订单量、销售额、客户反馈、库存状态等数据进行处理和分析，以生成有意义的业务监控指标。指标可以根据企业的实际需求进行定制，包括但不限于销售额增长率、客户满意度指数、库存周转率等。通过这些指标体系，企业可以全面了解业务的运行状况，及时发现潜在问题和风险。此外，还可以利用可视化技术将生成的业务监控指标以直观、易懂的方式呈现出来。通过图表、动画等形式，企业可以更加清晰地了解业务运营情况，便于进行决策和管理。通过生成业务监控指标体系，企业可以实现对业务运营过程的全面监控和预警，及时发现并解决问题，提升业务运营效率和质量。同时，这也为企业提供了更加科学、客观的数据支持，有助于企业做出更加明智的决策。

3. 通过“数字孪生 - 仿真推演 - 以虚控实”的价值闭环，实现企业运营、成本等的持续优化

设计场景和孪生场景生成的过程即实现数字孪生的过程，生成场景需要在虚拟世界构建物理世界的数字孪生体，以工业领域举例，数字孪生体包含所有信息技术（Information Technology, IT）和运营技术（Operational Technology, OT）域数据的融合、研产供销服等关键流程环节的融合、人机料法环测等所有生产要素的融合。仿真场景的生成即仿真推演，结合数据模型、机理模型及算法等，在虚拟空间进行仿真推演、预测和智能决策。自动化系统、信息化系统以及业务指标体系的生成过程即以虚控实的过程，通过虚拟世界反馈现实世界，实现自动化系统生成、信息化系统生成以及业务指标体系生成。基于数字孪生、仿真推演、系统生成的价值闭环，不断优化企业的设计、产品、营销体系、供应链、服务等，实现企业生产效率的持续提升以及降本增效。

通过人工智能+产业元宇宙的新范式：

（1）之前做不了的现在能做了：

在传统工业领域，某些复杂任务可能因为技术、资源等因素限制而无法实现。例如仿真立体仓库的自动生成。传统立仓设计可能涉及需要仓库规划师和物流专家根据经验进行人工规划，包括货架布局、通道设计、存储策略等，设计过程可能需要数周甚至数月，时间周期长、人力成本高。随着数字人、AIGC、DSL 等技术的发展，通过理解用户意图、参数输入等，可自动生成仿真立体仓库，不仅能够实现对机器人和自动化系统的精确控制，还包括对整个仓库布局和物流流程的优化，大幅地缩短了设计周期。

（2）之前做的了的效率更高了：

产线布局设计等在工业领域十分常见，但传统产线布局设计过度依赖工程师和设计师的专业知识和经验进行布局设计，设计过程可能涉及多次迭代，需要较长时间来评估不同布局的影响。通过产业元宇宙可以对生产线进行虚拟布局和设计，通过模拟生产线的运行过程，可以找出潜在

的瓶颈、冲突或不合理之处，并进行优化，这可以大大提高产线布局设计的效率，提升生产线的运行效率，减少停机时间和资源浪费。

（3）之前效率高的现在成本低了：

在某些领域中，如汽车制造、航空航天等，碰撞试验是必不可少的测试环节，通过碰撞试验可以快速检测汽车的安全性。然而，碰撞试验往往需要消耗大量的资源和资金，并且存在一定的安全风险。通过产业元宇宙技术，可以在虚拟环境中进行碰撞试验，这不仅可以降低实验成本，还可以避免实际实验中的安全风险。此外，在虚拟环境中可以更加精确地控制实验条件和参数。通过模拟不同条件下的碰撞过程，可以更加深入地了解产品的性能和安全性能。这有助于提高产品的质量和可靠性，降低因产品质量问题而导致的风险和损失。

2.2.3 产业数字化问题的解决之道

1、通过领域大模型及专家数字人促进业务需求理解

领域大模型基于特定行业的大量高质量行业数据、专业知识、行业 Know-How 等构建的，能够深入理解和捕捉行业内的各种业务需求、规则和流程。通过引入行业领域大模型，可以自动地对业务需求进行解析和分类，从而帮助快速理解并把握业务需求的本质。通过专家数字人模拟人类专家的知识和经验，为项目提供实时的、个性化的指导和支持。专家数字人不仅能够解释领域业务规则、提供案例参考，还可以推荐学习资源，帮助团队成员更好地理解业务需求。

2、通过数字孪生闭环路径缩短项目实施周期

通过数字孪生、仿真推演和以虚控实的闭环路径缩短项目实施链条。通过数字孪生能够模拟真实世界的各种情况，包括设备、工艺、流程等，可以对项目实施过程中的各个环节进行提前模拟和预测，从而发现潜在的问题和风险，并提前进行解决。在数字孪生的基础上，通过仿真推演对模拟结果进行推理分析和动态演播，更深入地了解项目实施过程中各个环节的相互影响和制约关系，发现潜在的冲突和矛盾，并对其进行优化和调整。最后，通过以虚控实的闭环路径将虚拟世界中的模拟结果和仿真推演结果反馈到物理世界中，通过调整物理世界的参数和设置，来优化和改进项目实施过程。这种闭环的反馈机制可以确保在项目实施过程中能够及时发现问题并进行调整，从而缩短项目实施链条，提高项目实施效率。

3、通过领域大模型及系统生成技术降低数字化转型成本

通过基于 AIGC 的系统生成技术可以实现自动化系统、管理信息系统以及业务监控指标的生成，例如通过领域大模型理解用户自然语言的意图，通过 AIGC 以及算法自动地生成符合语法和语义规则的内容，基于领域大模型、AIGC、DSL 等，可以自动生成仿真场景，极大地降低应用开发成本，满足了企业复杂的个性化定制开发需求。通过 AIGC 自动生成和更新项目实施过程中

的统一标准，确保不同组织在协同过程中遵循相同的规范和流程。通过大数据平台提供统一接口，使得不同组织和系统能够顺畅地进行数据交换和信息共享，降低协同难度。

4、通过为中小企业量身定做的元宇宙 SaaS 服务解决中小企业转型问题

联想新视界为中小企业量身定做元宇宙解决方案，基于中小企业数字化转型的层次和阶段，以及企业对技术、资源和应用的需求，将中小企业数字化转型解决方案分为 L1 至 L5 五个层级，具体可见*章节 5.6 中小企业元宇宙*，可提供软件即服务（Software-as-a-Service, SaaS）解决方案，通过订阅模式使得中小企业能够按需使用软件，降低了初期投入成本，并且可以根据业务的发展随时调整服务规模。此外，SaaS 服务通常具备高度的可定制性和灵活性，能够根据不同的业务需求进行快速调整，满足中小企业的个性化需求。

2.3 人工智能+产业元宇宙模式效益

（1）全程自然语言交互，降低数字化门槛

人工智能+产业元宇宙以领域大模型为基座，针对特定行业或领域进行训练和优化，提供高度专业的服务和解决方案，不仅能理解行业内的复杂术语和流程，还能预测行业趋势，为企业提供前瞻性指导。AIGC 技术使得这些大模型能够自动化地生成高质量的内容及各种应用，极大地提升了企业效率和创新能力。在领域大模型以及 AIGC 的驱动下，以专家数字人作为前端交互界面，利用先进的自然语言处理技术，与用户进行沉浸式的交流。用户可以通过自然语言与数字人交流，获得即时反馈和深度互动体验。这种交互方式不仅降低了技术门槛，也使得用户能够更直观、更便捷地获得所需信息和服务。通过上述技术的结合，企业无需投入大量资金和时间来开发和部署复杂的系统，即可实现业务流程的数字化。领域大模型和 AIGC 技术可以根据企业的具体需求进行定制，提供更加个性化的解决方案，同时保持系统的灵活性，以适应企业不断变化的需求。

（2）数字孪生，无缝感知现实世界，一人知天下

通过数字孪生将物理世界中的实体、过程或系统以数字化的形式进行模拟、分析、优化和预测。通过构建一个与物理世界相对应的虚拟世界，实现对物理世界的全面感知、精准映射和智能控制。数字孪生技术使人们以前所未有的方式了解、分析和优化现实世界，从而实现“一人知天下”的愿景。首先，通过边缘计算、物联网、大数据等技术，数字孪生可以实时收集物理世界中的各类数据，实时获取全球范围内的各类信息，大到国家政治、经济、文化、科技等方面的实时动态、小到设备的温度、湿度、压力、位置等信息，从而帮助人们形成对物理世界的全面感知，使得人们能够实时了解物理世界的状态。其次，通过构建与物理世界相对应的虚拟模型，模拟物理世界的外观和结构，以及其内在的运行规律和交互关系，使得人们可以在虚拟世界中对物理世

界进行各种实验和模拟，以预测和优化物理世界的运行策略。最后，通过数字孪生对物理世界的感知和模拟，生成各种控制策略，并实时调整物理世界的运行状态，使得人们可以根据实际需求对物理世界进行精准的控制和优化。

（3）元宇宙虚拟空间仿真有助于提高创新效率、降低成本

元宇宙虚拟空间利用数字孪生、仿真推演、数字人等模拟来创建一个虚拟的、交互式的环境，这个环境可以模仿现实世界的各个方面，包括物理空间、物体、人物行为等。通过元宇宙提供的数字孪生仿真引擎，可以进行多人协同的生产线设计仿真，设计方案可以得到快速验证。若生产可行且品质达标，就可以交付生产，这种协同设计方式大幅提高了产品优化效率和创新能力。此外，对于重大装备，如汽车、高铁等，在真正投入使用之前需要进行可靠性测试。传统的测试方法，如碰撞试验等，不仅成本高昂，而且不能频繁进行。但在元宇宙虚拟空间中，所有组件、设备、数据都可以反复融合在一起进行仿真实验，从而大幅降低测试成本。再者，在元宇宙中，传统空间限制被打破。例如，在摄影测量与遥感领域，大型地理数据全貌可以通过元宇宙 VR 虚拟仿真教学平台完整展示，观众可以通过交互设备深入了解数据的细节和特征，不仅增强了展示的创新性、观众的参与感和沉浸感，还提高了展示的灵活性和趣味性。

（3）控制逻辑、信息系统、运营管理体系一站式生成

对于设备控制逻辑，人工智能+产业元宇宙通过模拟设备的运行状态和行为，可以生成精确的设备控制指令。这些指令能够实现对设备的远程监控、故障诊断和自动调整，提高设备的运行效率和稳定性，降低维护成本。在信息系统生成方面，人工智能+产业元宇宙可以根据企业的业务需求，快速构建定制化的信息系统，实时展示企业的运营状态、数据分析和预测结果，帮助企业决策者快速了解业务情况，做出科学决策。在企业运营管理体系方面，数字孪生平台可以基于实时数据和模拟结果，优化企业的生产流程、资源配置和供应链管理。通过自动化决策和智能化控制，数字孪生平台可以帮助企业降低运营成本、提高生产效率、增强市场竞争力。

（2）用户体验、营销策略、服务的持续优化为企业带来巨大的经济价值

通过数字孪生技术帮助企业建立客户的数字孪生模型，包括客户的喜好、需求、行为等信息。基于客户模型，企业可以制定更加精准的营销策略，提高营销活动的针对性和效果。再通过专业数字人在数字环境中进行营销推广，使客户可以更直观地了解产品或服务的特点和优势，从而提高购买意愿。专家数字人可以根据客户的反馈和行为数据进行实时调整和优化，以提供更加个性化的服务。这种个性化的服务能够更好地满足客户的需求和期望，提升客户满意度和忠诚度。此外，数字人可以作为企业的虚拟客服，可以提供 24 小时不间断的服务，从而帮助企业降低人工客服成本，提高服务效率。通过优化服务流程和营销策略等，企业可以提高资源的利用率和转化率，进一步降低成本并提高经济效益。

第三章 联想新视界人工智能+产业元宇宙产品体系

3.1 人工智能+产业元宇宙产品体系整体说明

人工智能+产业元宇宙产品体系以领域大模型以及四大技术引擎为核心技术支撑，四大引擎分别是 Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎、M-Engine 模型引擎、I-Engine 多模态仿真引擎、C-Engine 智能控制引擎。在领域大模型以及四大引擎基础上建设 NovoVerse 产业元宇宙平台，提供了一套全价值链的元宇宙构建工具平台、创新应用和运营支撑体系，满足针对不同行业场景的元宇宙智能化解决方案。在软件平台产品基础上，提供派中心一体机、边缘计算集群一体机、元宇宙机器人等软硬件一体化产品及解决方案。面向终端企业用户，提供元宇宙场景生成、元宇宙应用生成、专家数字人、AI 数据资产、中小企业数字化转型等专业特色服务。此外，以领域大模型为基础，提供 NovoData 数据资产平台，面向数据加工和数据资产交易领域，提供定制化的、端到端的、安全的数据治理解决方案。

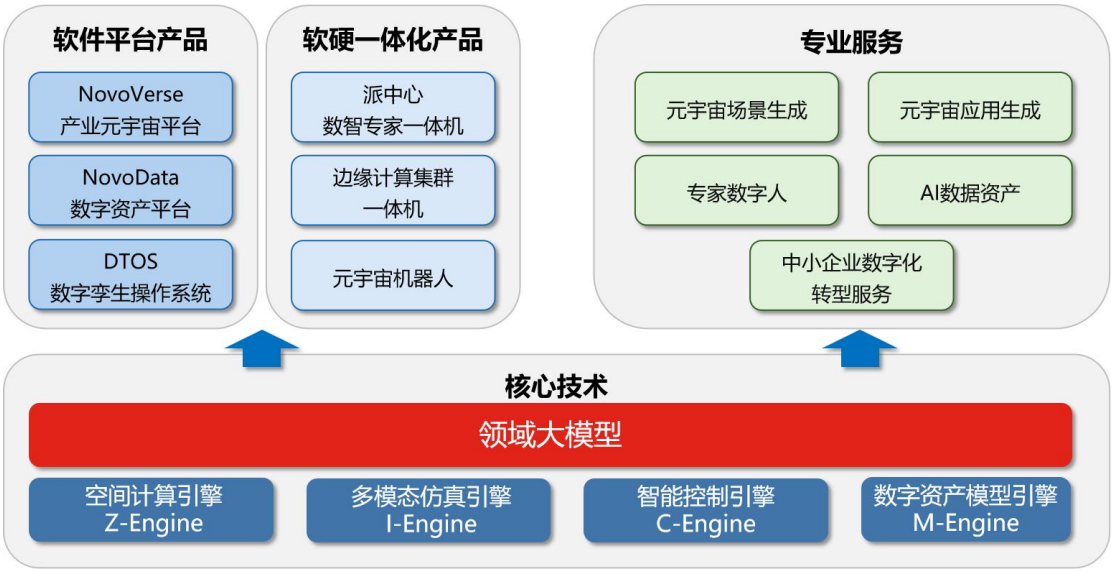


图 3-1 人工智能+产业元宇宙产品体系

3.2 NovoVerse 产业元宇宙平台

3.2.1 平台概述

NovoVerse 产业元宇宙平台提供了一套全价值链的元宇宙构建工具平台、创新应用和运营支撑体系。平台包括数据虚实映射层、技术引擎层、工具和生态支持层及行业应用层。

数据虚实映射层主要负责物理世界全生命周期的数据实时采集，包括数据融合、泛在感知与通信、边缘控制平台。通过边缘控制平台对工业现场通信协议进行解析，实现面向工业生产设备实时数据的近现场采集、分析和计算；通过泛在感知与通信连接和管理各种生产现场工业设备，收集和存储海量实时数据；通过数据融合连接 OT 域以及 IT 域业务系统数据，处理和存储大规模数据集，支持复杂的数据分析。

技术引擎层是 NovoVerse 平台的核心，主要包括领域大模型以及四大核心技术引擎，分别是 Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎、M-Engine 模型引擎、I-Engine 多模态仿真引擎、C-Engine 智能控制引擎。

（1）领域大模型是整个平台的大脑，它由 AI 大脑、行业领域大模型两部分组成。AI 大脑充分将大模型的能力、行业的业务模型规则与当前数字化系统重合结合起来，满足业务场景智能化。行业领域大模型则针对特定行业或领域数据进行更有针对性的训练和优化，覆盖各个行业的专业细节，从而更好地理解行业的语义和规范，更有效地执行专业性更强的任务。

（2）Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎是联想新视界自主研发的国产三维引擎，对标 Unity 和 Unreal。Z-Engine 支持低延迟、高效率的多机集群渲染、ATH 动态全局光照体系、超大规模场景的高性能高质量实时渲染，每坐标 64 位精度极端细节显示、完整的三维引擎工具链、国产操作系统及 GPU 适配、对标 UE（Unreal Engine）蓝图的低代码的可视化逻辑开发系统、数据驱动渲染（Data-driven Rendering, DDR）以及行业领先的第二代云渲染技术。

（3）M-Engine 模型引擎，即数字孪生模型（Digital Twin Model, DTM），是构建数字孪生系统的核心。DTM 包含物理实体的静态属性（几何模型）、实时状态（IOT 数据模型）和发展变化规律（机理模型），支持数字世界对物理世界的全真模拟和优化预测，也支持优化的结果反向控制物理设备。能够实现设备在物理空间和数字空间中的闭环优化和升级，实现真正的“以虚促实”和“以虚强实”。

（4）I-Engine 多模态仿真引擎是一种通过构建计算机模型来模拟和重现真实系统行为的技术，可以帮助我们理解和改进现实世界中的系统，提供决策支持和优化策略，降低成本和风险。I-Engine 主要包括如下内容：

- 固体仿真、流体仿真、电磁仿真、热传导仿真、多物理场耦合；
- 有限元仿真：电子散热、电子晶体生长、液化天然气（Liquefied Natural Gas, LNG）储罐有限元仿真；
- 系统动力学建模+智能体建模+离散事件建模；
- 运筹学（业务活动决策的数量化方法），智能排产、路径优化；

- 粒子仿真+物理引擎，用于 3D 渲染流体和刚体可视化；

（5）C-Engine 智能控制引擎，实现通过控制指令下发，实现以虚控实和闭环反控。C-Engine 的主要功能包括：控制设备代码自动生成、综合指令下发、指令执行监控，穿透传统可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）、主流工业协议兼容、工作流+规则引擎、通信通道安全保证、设备安全防护、边缘控制、5G、长距离无线通信（Long-range, Lora）等低延时网络。

平台工具和生态支持层提供了支持智能应用开发和运行的平台工具和技术引擎。通过统一用户入口 Launcher 为用户提供一个集中的入口，方便访问不同的应用和服务；通过 AIGC 应用生成器自动生成应用；通过软件开发工具（Software Development Kit, SDK）为开发者提供开发工具包，以便开发者能够开发和集成智能应用；通过开发者论坛提供一个交流和协作的平台，供开发者分享知识和经验；通过提供示例代码集，帮助开发者快速理解和使用平台工具；此外还提供包括 DTM 数字资产模型库、仿真优化算法库等，以支持应用开发和优化。

行业应用层面向交通枢纽、煤矿+油田、离散制造、公共事业、商业&旅游、智慧农业等行业，针对不同场景提供智能化解决方案，包括客流仿真、能耗优化、大模型问答、设备巡检、碳足迹等。在交通枢纽如地铁和机场等场景中，通过客流仿真技术预测和分析客流量，优化人流管理和提升安全；在交通、煤矿、油田等能源行业中，利用机电大脑智能化系统进行设备维护和故障预测、设备反控，提高设备运行效率和安全性；在离散制造等行业中，通过设备巡检对生产设备进行定期的检查和维护，以预防故障和延长设备寿命；在智慧农业领域，通过动植物生长仿真模拟动植物生长条件，优化种植和养殖策略；利用大型语言模型或知识库，通过大模型提供智能问答服务，帮助用户快速获取信息；在公共事业如水、电、煤等领域，通过能耗优化提高能源使用效率；通过碳足迹计算和跟踪产品或服务在整个生命周期中的温室气体排放，以支持企业可持续发展；在交通管理中，通过车流仿真模拟车流量，优化交通流和减少拥堵；在物流和运输行业中，通过智能化调度系统优化资源分配，提高运输效率。

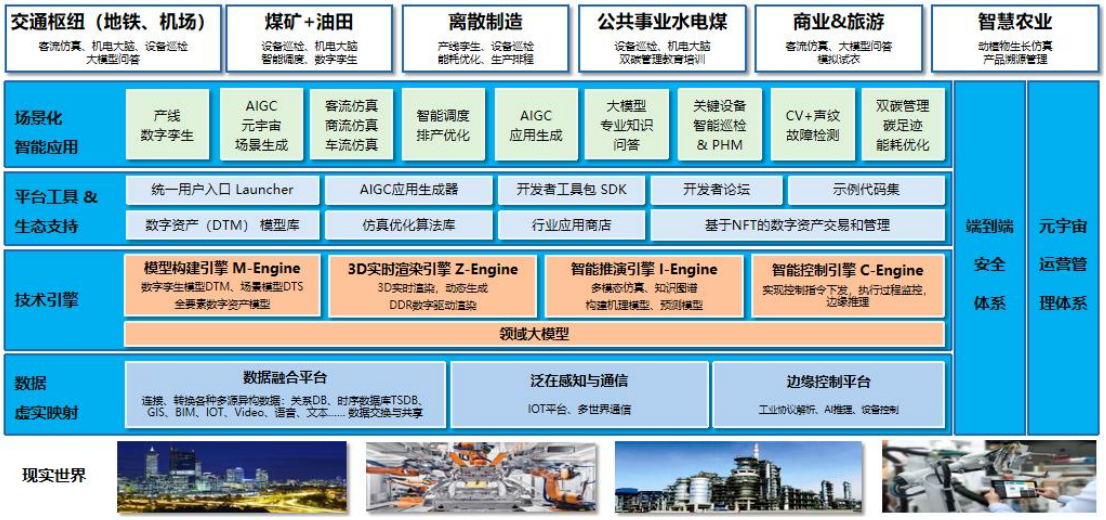


图 3-2 NovoVerse 产业元宇宙平台

3.2.2 领域大模型

领域大模型是指专门为特定行业或领域设计和训练的大型语言模型，领域大模型通过对垂直细分领域的数据进行更有针对性的训练和优化，能够捕捉到该领域特有的知识、术语、操作流程和决策逻辑，从而在实际应用中提供高度专业化的服务和解决方案。领域大模型以行业高质量数据、行业 Know-How 为基础，凭借卓越的理解能力、生成能力和泛化能力，深度洞察领域内的复杂问题，不仅可以理解并处理海量的数据，还能从中挖掘出隐藏在数据背后的规律和趋势，其泛化能力使其能够在更专业的行业业务场景中发挥重要作用。因此与以 ChatGPT 为代表的通用大模型相比，领域大模型的专业性是更强的。

图 3-3 领域大模型

领域大模型由 AI 大脑、行业领域大模型两部分组成。AI 大脑充分将大模型的能力、行业的业务模型规则与当前数字化系统重合结合起来，满足业务场景智能化。行业领域大模型则针对特

定行业或领域数据进行更有针对性的训练和优化，覆盖各个行业的专业细节，从而更好地理解行业的语义和规范，更有效地执行专业性更强的任务。

（1）AI 大脑

图 3-4 AI 大脑架构

1）左脑&右脑

《思考快与慢》指出：大脑中存在两个系统，善于快速思考的系统 1 和善于深度思考系统 2。知识和情感的快速反应被称为系统 1，而逻辑性强、思考速度慢的反应被称为系统 2。

大模型从机理上类似系统 1，反应很快但是缺少深度思考，缺少规划与推理的能力，这就是大模型在专业领域应用效果不佳的原因。随着大模型发展，规划与推理的能力可能会增强；但是在行业系统中需要通过知识图谱与思维链增强这部分能力，使得大模型有深度思考的能力。

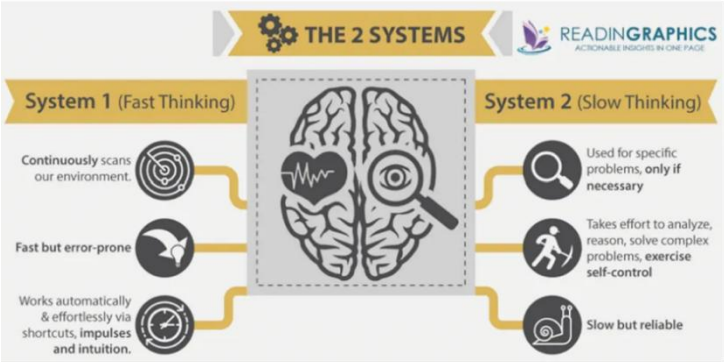


图 3-5 左脑&右脑

2）智能体

单智能体 Agent 是一个能感知并自主地采取行动的实体，具备学习和获取知识的能力以提高自身性能的能力。感知环境、自主决策、具备行动能力，设定明确的目标和任务，适应环境及学习能力，都是 Agent 的关键特点。

单智能体相当于左脑+初中级右脑，主要依赖左脑的逻辑、语言和分析能力，同时融入了一些右脑的空间识别、艺术理解等初级能力。单智能体通过知识库（如知识图谱）、工具（如优化器、求解器）以及多步思考等策略来增强其自身的能力。

- 行业知识库

行业知识库是一个组织化、集中管理和共享特定行业知识的平台。它旨在帮助用户获取、理解和应用特定行业领域的知识，以支持各种业务活动和决策制定。行业知识库通常包含行业文档、资料、专业术语、案例和实践等信息，这些信息对于行业内的企业和个人具有重要的参考和指导意义。

- 优化器（Optimizer）

优化器是深度学习中一个核心的概念，用于更新神经网络的权重，以减少或最小化损失函数（loss function）的值。损失函数衡量了模型的预测值与真实值之间的差异，而优化器的目标是通过调整网络参数来最小化这个差异，从而提高模型的准确性和性能。在神经网络训练过程中，优化器在后向传播过程中起着至关重要的作用，它使用损失函数相对于模型参数的梯度来更新模型的参数。

- 求解器（Solver）

求解器是整个数值模拟的核心，它的作用是对模型进行数值求解。在 CFD（计算流体动力学）软件中，通过向求解器输入所要求解问题的设置条件，借助求解器相对应的湍流模型来完成数值模拟。求解器的主要工作包括对所求模型进行抽象、选择相对应的控制方程、设定流体的各种属性参数、指定计算域的边界条件和初始条件、把流动变量用简单函数来近似并代入控制方程形成离散方程组，最后求解代数方程组。

- 多步思考

多步思考通常指的是一种思维方式，即在进行决策或解决问题的过程中，不仅仅考虑直接的、表面的因素，而是进行更深入、更全面的分析和思考。多步思考涉及多个步骤或阶段，包括收集信息、分析问题、提出假设、验证假设、调整方案等。这种思维方式可以帮助人们更全面地了解问题，更准确地把握事物的本质和规律，从而做出更明智的决策。

- 信息 BIM（Building Information Modeling）

BIM 在建筑设计、施工、造价管理等各个环节都发挥着重要作用，可以提高设计阶段的效率和准确性，优化施工过程、提升工程造价管理能力，是推动建筑行业智能化转型的关键技术。

而在企业数字化建设中，大型企业应用往往业务场景众多，功能复杂，业务流程、页面、业务模型与接口（Application Programming Interface, API）众多，没有一个类似 BIM 的软件很难高质量高效的完成交付。如同高清地图是 L3 自动驾驶的必备条件，信息 BIM 是大型软件及其自动化应用构建的必要条件。

3）多智能体 MultiAgent

多智能体系统是由多个交互智能体组成的计算机化系统。多智能体系统也能被用在解决分离的智能体以及单层系统难以解决的问题。

多智能体相当于左脑+右脑，多智能体系统不仅包含了单智能体的所有能力，还增加了智能体之间的交互和合作。这种交互相当于分布式的思维链，能够模拟右脑的创造性思维和全局处理能力。同时具备慢大脑的能力，在面对复杂问题时能够进行深入分析和长期规划的能力，类似于人类在进行深思熟虑时的大脑活动。多智能体通过智能体之间的交互和合作，能够处理更复杂的任务，并在处理过程中展现出更高的灵活性和适应性。

多智能体系统由智能体及其环境组成。智能体可以分为从简单到复杂的类型。分类包括：

- 被动智能体或“无目标智能体”（如任何简单模拟中的障碍物、苹果或密钥）
- 具有简单目标的智能体（如植物中的鸟类，捕食者 - 捕食者模型中的狼 - 羊）
- 认知智能体（需要复杂计算）

4）中央智能编排引擎（Central Intelligent Orchestration, CIO）

中央编排引擎是一个负责协调和管理多个智能体的核心组件。在这个系统中，由一个专门担任 CIO 角色的智能体来负责实现中央编排引擎的功能。这个智能体主要负责以下任务：

- 任务分配：根据任务的性质和复杂程度，将任务分配给最合适的智能体或智能体组合。
- 资源调度：管理计算资源、数据资源等，确保它们得到合理地利用和分配。
- 监控与评估：监控智能体的执行过程，评估其性能和结果，并根据需要进行调整和优化。

CIO 是 AI 大脑架构最核心的部分，现在的智能体只是一个规划器，它负责做规划，同时也负责领域内的决策。每个智能体都有自己的决策网络，能够根据局部观测自主做出决策，这样可以提高系统的效率和鲁棒性。

但实际上，如果是完全去中心化的架构中，每个智能体独立和环境进行交互，仅使用自己的观测和奖励值来更新策略，智能体之间不进行交流。这种架构本质上属于将单智能体的方法应用到多智能体的场景中，效果往往较差。

在实际业务场景中，通常是需要多智能体协作，业务流程中还存在多智能体之间的协同、冲突检查与协调。CIO 监督所有智能体的状态并进行协调管理并做出决策，所有智能体将自己观

测到的信息传送给中央控制器，以便其掌握所有智能体的观测、动作等信息，中央控制器负责对所有智能体进行决策和控制。

通过将左右脑的功能映射到智能体上，并通过中央编排引擎来协调和管理这些智能体，我们可以构建出功能更强大、更灵活的大语言模型。这种模型不仅具备强大的逻辑、语言和分析能力，还能够在处理复杂任务时展现出更高的创造性、全局性和适应性。

（2）行业领域大模型

通过自有 AI 算法和低代码能力，为企业快速搭建业务应用，在使用过程中抽象出场景 AI 模型；再通过联想新视界大模型的模型即服务（Model as a Service, MaaS）能力，灵活运用市面上主流通用开源语言学习模型（Language Learning Model, LLM)，结合企业自身 Know-How，形成企业自用 LLM，能够灵活调用小模型能力，用 AI 管理 AI，精准解决企业专用需求。

1) 充分利用 Agent 架构，发掘大模型最新能力

在大模型+Agent 计算模型中，除了大模型基础能力、微调方案之外，还提供 embedding 模型服务，后来还升级了大模型提供了 Tool 服务。Embedding 模型是检索增强生成（Retrieval-Augmented Generation, RAG）技术的核心，RAG 技术则是利用大模型的上下文学习（In-Conext Learning, ICL）能力，为大模型提供问题的实时上下文背景，使得大模型能回答训练数据未包含的特定领域的问题。升级了 Tool 服务能力的大模型能理解用户描述的自定义函数，理解用户的需求，输出调用用户自定义函数的正确格式，并能自动调用函数，使得大模型具有和实时环境互动的能力。

2) 精准固化行业知识精准，解决大模型幻觉问题

联想新视界对上述 RAG 技术和 Tool 服务做了加强，以知识库为核心技术加强大模型的领域知识理解和处理能力，以 DSL 为核心技术加强大模型的实时业务执行能力，极大地消除大语言模型的幻觉，使得大语言模型能实际落地工业级使用场景。

传统 RAG 方法首先将用户自己的文档拆分成段落，用 embedding 模型提取段落的语义向量，以语义向量为索引将段落存入向量库，形成段落库。在用户提出问题的时候，首先通过问题的语义向量在段落库中检索出 Top-K 个和问题相关的段落，嵌入到喂给大语言模型的提示中，使得大语言模型利用其 ICL 能力实时学习这些段落所形成的上下文中的知识，运用这些知识和大语言模型内置的知识形成问题答案。这里主要的问题是特定领域知识只能靠大模型从临时抽取的原始文本里即时学习和运用，质量没有得到保证。联想新视界通过知识图谱、规则库、事实库等具有完备性和一致性的知识库来加强大模型的领域知识理解和处理能力。具体方法包括且不限于：用知识库加强输入给大模型的上下文，用知识库来评估大模型输出的准确性，以及用知识库来辅助微调大模型。

3) 行业知识描述语言 DSL+领域模型，进一步提升模型准确性

在工业级使用场景，对 IT 系统准确性的要求相当高。大语言模型理解自然语言，生成代码、生成函数调用的功能虽然令人惊艳，但准确性超过 90%就已经很了不起，可以辅助人工进行决策，但大多无法在工业级使用场景直接落地。联想新视界提出的解决方案首先是训练大模型能理解自然语言，自动生成规范化描述用户需求的 DSL，然后由 DSL 对应的执行引擎来实现具体的业务功能，而 DSL 对应的执行引擎的编码实现和业务 API 函数的调用可以由大模型辅助生成。用 DSL 作为大语言模型的生成目标的好处是：生成的 DSL 可以被校验修正，以保证其准确性；DSL 对应的执行引擎是程序编码实现，同样可以保证其准确性。

4) 求解器、机器学习、大模型相结合，实现 AI 大模型行业应用落地

根据用户自然语言输入需求，由大模型进行理解意图，将需求转换成 DSL 代码，然后通过 DSL 引擎转换成对应的程序代码，结合用户的具体需求，寻求算法支撑，包括特定任务的求解器，仿真任务算法生成，完成用户需求的逻辑编排与仿真数据生成，实现 AI 大模型行业应用落地。

图 3-6 行业领域大模型

行业领域大模型具有如下优点：

1）独有的行业数据，数据质量高；更有大量行业规则与业务资产积累，两者结合比单纯大模型的效果好；

2）解决幻觉问题，把行业知识精准地固化下来；

3）领域大模型训练成本较低，所需参数量级相对较少，通过求解器和 DSL 把专家知识放进去，训练效率高。

4）通过求解器、机器学习、大模型等不同技术手段相结合，能充分解决工业场景落地准确性与创新性等多方面的需求；

5）与企业业务场景高度结合，给客户带来直接的商业价值；

3.2.3 Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎

联想新视界 Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎，能够支持低延迟、高效率的多机集群渲染；通过搭建 ATH(A-crossing the Horizon）动态全局光照体系，支持完整的物理光学特性呈现；支持 GPU 计算流水线、GPU 高效并行计算及调度算法、GPU 异步并行渲染等，改善并行高负载条件下的渲染效果并减少云服务延迟；支持超大规模场景的高性能高质量实时渲染，支持地球级别超大规模场景以及每坐标 64 位精度极端细节显示。

联想新视界自主知识产权的 Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎可用于数字孪生，虚拟仿真、虚拟现实、视觉化领域，为各领域应用生成提供自主可控、高效易用的底层能力。Z-Engine 可胜任包括航空航天、汽车、电子等制造业，以及军事、海事、教育科研、城市规划、室内设计、电视广播、游戏、文博等行业的虚拟现实、数字孪生系统和元宇宙系统建设实现。以制造业举例，Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎在设计、生产、培训、营销等方面有着广泛的应用，在设计环节，可用于虚拟原型设计和调试、沉浸式设计评审、人机界面（Human Machine Interface, HMI）开发等；在生产环节，可用于产线数字孪生、虚拟装配过程验证、AR 生产协助等；在培训环节，可用于基于 AR 产品远程运维及人员培训等场景；在销售环节，可用于提供逼真渲染效果的宣传短片，以及消费者沉浸式体验等。

Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎的主要功能如下：

（1）自主知识产权的 ATH 实时光线追踪技术

ATH 是基于实时光追的渲染管线系统，采用波动方程及量子光学计算原理，通过光子映射和能量场相结合的方式，展现更真实的光影和材质细节。基于 ATH 实时光线追踪技术，建立高性能、动态、全局的光照体系，呈现透射、焦散、衍射、环境光遮蔽、偏振光等完整的物理光学特性；提供超高精度高效采样和实时体积点云式超精细化渲染；支持基于混浊度、海拔、去极化等建立大气光照散射模式、动态特定时间模式以及动态天气效果。

图 3-7 白天/夜晚动态全局光照表现

（2）超大规模场景的高性能高质量实时渲染

基于渲染技术实现电影质量级别后期效果，支持超大规模场景以及极端细节展现；通过地理坐标等方式构建超大规模场景；支持位移贴图功能的自适应硬件细分曲面、多个高分辨率贴图嵌入以及场景运行时动态修改；支持每坐标 64 位精度，在运行细节极其丰富的 3D 模型时，不会在大缩放系数时有损尺寸和形状。

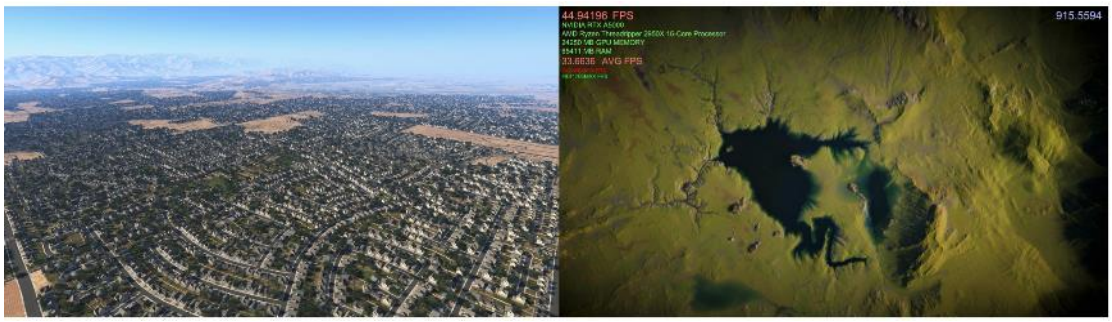


图 3-8 超大规模场景和极端细节展现

（3）真实物理系统模拟，丰富的视觉处理特效

支持刚体与柔体模拟，支持水、液态金属和稠状液体及其受力模拟，物体空气动力学模拟和受流体影响的表现模拟。支持自动绘制调用批处理和实例化，自动合并渲染批次，支持静态模型合并优化，最大限度提高渲染效率。提供丰富的视觉特效和动态图形工具，提供点、平面、3D 摄影机跟踪、动态遮罩和抠像工具等，支持创建精彩炫目的动画和 3D 粒子系统等；

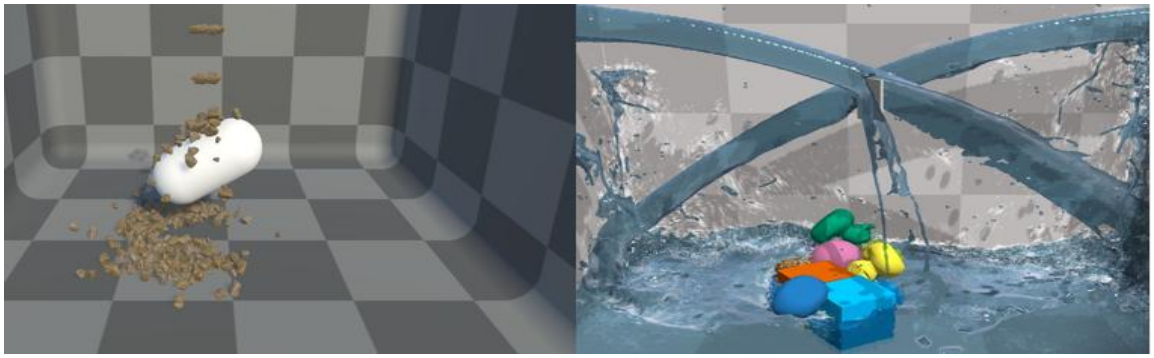


图 3-9 真实物理系统

（4）低代码可视化逻辑开发系统

对标 UE 蓝图系统，提供低门槛、低代码的可视化逻辑开发系统，通过简单的拖拉拽和连线操作即可完成模块功能开发。具体操作步骤如下：

1）创建材质球，设置参数：在 Z-Engine 中，材质球是材质的一个实例，允许用户对材质的特定参数进行调整，而不改变原始材质。可以通过在材质编辑器中创建一个材质实例来完成，材质球

将继承原始材质的所有属性，但允许用户修改特定的参数。材质球可以包含多种参数，如基础颜色、金属度、粗糙度、透明度等。在材质编辑器中，可以设置这些参数的初始值，并使它们成为可调整的，以便在仿真中动态修改。将材质球应用到仿真场景中的三维模型上。

3）编辑与动态调整：找到与材质球参数相对应的属性或节点，可以使用各种逻辑来控制这些参数，如数学运算、时间函数、事件响应等。利用编辑器动态调整材质球的参数。例如，可以让颜色随时间变化，或者根据用户输入改变材质的粗糙度。

4）预览、测试、优化和集成：在编辑器中，你可以实时预览材质球参数的变化，并测试它们如何影响仿真场景的外观和行为。对材质球参数的动态调整可能影响仿真的性能，特别是在参数变化频繁时。确保通过适当的优化措施，如使用合适的数据结构和减少不必要的计算，来保持性能。最后将材质球参数的动态调整逻辑集成到仿真场景的整体控制流程中，确保它们能够与其他仿真元素（如物理、动画、AI）协同工作。

Z-Engine 低代码可视化逻辑开发系统优势如下：

1）低代码，易于操作：系统提供了一个可视化编程环境，用户可以通过拖放节点和连接线路来创建逻辑，无需编写传统的代码。材质球允许用户通过参数化的方式来调整材质效果，这些参数可以是颜色、纹理、粗糙度等，易于理解和修改。在编辑器中，可以实时看到材质球参数变化对仿真场景的影响，即时反馈便于快速迭代。大多数操作不需要编写代码，这降低了技术门槛，使得非程序员也能参与到仿真场景的创建和编辑中；

2）直观性和灵活性：这种方法允许设计师和开发者在没有深入编程知识的情况下，通过视觉化界面进行复杂的材质编辑和场景控制。蓝图系统提供了一种快速迭代和原型设计的方式，使得创意可以迅速转化为实际的仿真效果。此外，材质球参数的动态调整可以增强仿真的真实感和交互性，为用户带来更加丰富和沉浸式的体验。

3）有助于团队协作和生产效率：不同专业的团队成员可以轻松地共享和修改材质和场景设置，而不需要理解底层的代码实现。这种工作方式减少了沟通成本，加快了开发进程，使得团队能够集中精力于创意和设计，而不是技术实现的细节。通过这种方式，项目可以更快地响应市场变化和用户反馈，从而提高竞争力和用户满意度。

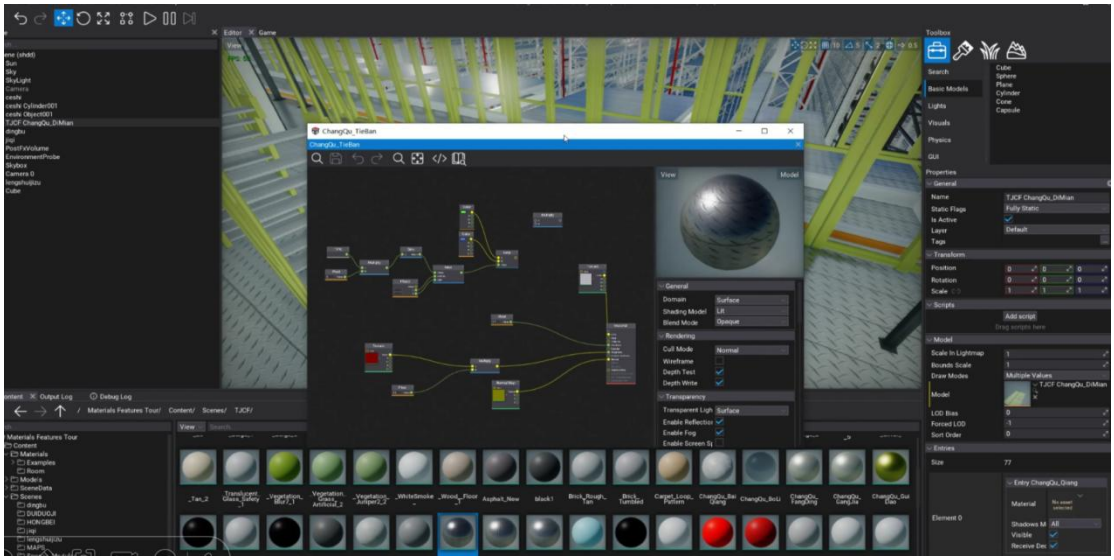


图 3-10 低代码可视化逻辑开发系统

(5) DDR 数据驱动渲染

DDR 数据驱动渲染技术通过集成来自传感器、数据库、API 等的数据源，实现对三维场景的动态控制。这意味着渲染内容可以根据实时数据进行调整，从而反映实际的物理世界或模拟环境。Z-Engine 的 DDR 系统不仅接收数据，还可以进行数据的预处理，包括解析、清洗、转换格式等，以确保数据可以被渲染引擎有效利用，这是实现数据到场景内容转换的基础。

材质和着色器是 DDR 的核心组件，可以根据实时数据动态调整其属性。例如，一个着色器可以根据温度数据改变物体的颜色，或者根据压力数据调整材质的纹理。在每次渲染循环中，DDR 系统会评估新的数据，并更新场景中的相应元素。这允许场景内容实时反映数据的变化，如模拟物理现象或展示实时统计信息。DDR 技术集成在渲染循环中，确保每次屏幕刷新时都能考虑到最新的数据。这种连续的评估和更新是实现流畅、实时渲染的关键。

DDR 数据驱动渲染技术优势如下：

1）高度灵活性：DDR 允许开发者根据实时数据快速调整渲染效果，而不需要重新设计整个渲染流程，具备高度的灵活性；

2）实时性：DDR 能够实现真正的实时渲染，对于需要快速响应环境变化的应用场景至关重要；

3）减少预处理：由于 DDR 可以根据实时数据动态生成渲染状态，因此减少了对预先定义和存储大量渲染状态的需求；

4）性能优化：DDR 通过智能地处理数据，可以优化渲染性能，特别是在处理大规模数据集时，可以有效地管理和调度计算资源；

5）用户交互，降低开发难度：DDR 可以与用户输入相结合，提供个性化和交互式的渲染体验，从而提升用户的参与度和满意度。DDR 允许开发者专注于数据的处理和渲染逻辑的创建，而不需要深入了解底层渲染细节，极大地降低了开发难度，加快了开发进程。

（6）完整的三维引擎工具链

Z-Engine 提供 BIM、地理信息系统（Geographic Information System, GIS）、点云数据、倾斜摄影等完整的工具链，包括计算机辅助设计（Computer Aided Design, CAD）工业模型、BIM 建筑数据、地理信息系统、三维扫描点云数据、倾斜摄影数据（Open Scene Gragh Binary, OSGB）转换、XR、定制化仿真等工具集。工业模型工具集可用于模型的预览查看、转换，以及导出成通用模型，并具有模型的部分编辑功能；建筑数据工具集可用于模型的预览查看、转换，以及导出成通用模型；地理信息系统工具集支持离线 GIS 的导入处理和转换成三维地形；三维扫面点云数据工具集可用于转换，预览激光扫描仪的点云数据；OSGB 倾斜摄影数据转换工具可用于处理 OSGB 类倾斜摄影文件的瓦片信息数据并且转换成通用模型。XR 工具集是 AR 与 VR 内容输出工具，支持面向 Windows 和 Mac 的内容输出。

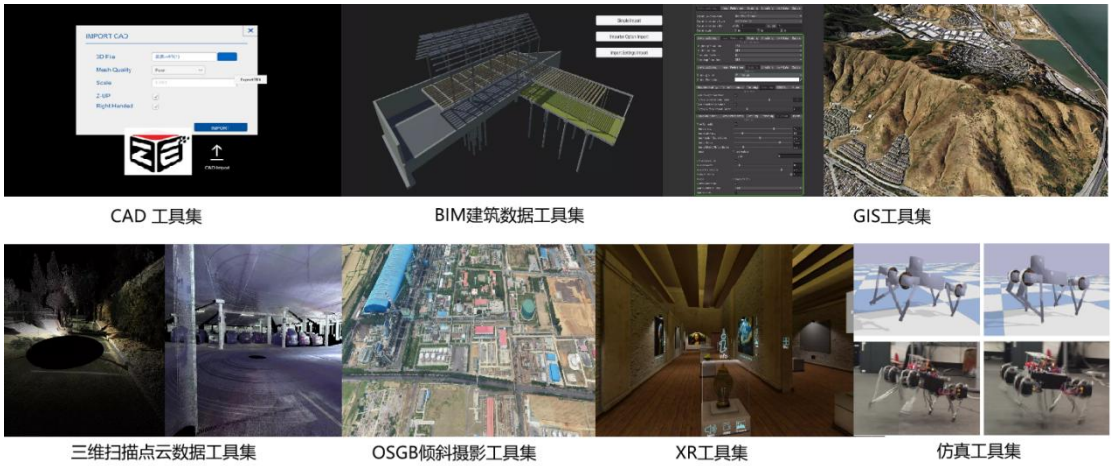


图 3-11 工具集

（7）跨平台支持，适配国产操作系统

支持 X86/X64/ARM 和国产 C86 平台，在麒麟多个操作系统上完美兼容运行，展现了强大的国产生态适配能力。

（8）Z-Engine 云渲染技术

Z-engine 的最大特点是其低延迟、高效率的云渲染能力。Z-Engine 云渲染有五项核心技术来完成硬件设备的云化、3D 内容任意跨平台使用，以让用户提升目前的整体体验。数字孪生和仿真是产业元宇宙实现的重要场景。目前客户端的模式，对客户端硬件要求比较高，尤其是 3D 图形的渲染上完全依赖终端运算。随着 5G 时代到来，这些重度应用将会在云端 GPU 上完成大规

模渲染，画面压缩后通过 5G 高速网络传送给用户。在客户端，用户的设备不需要任何高端处理器和显卡，只需要基本的视频解压能力就可以了。

- GPU 服务器支持实时和高速并行计算以及浮点计算，从而改善图像并减少云游戏服务的延迟；
- 通过虚拟化和离屏命令行式渲染推流（包含虚拟机、容器等隔离技术和 GPU 虚拟化技术），从而进一步提高云渲染效率；
- 通过音频视频解码加速减少由视频编解码引发的延迟。使用 AV1 大码率编码，确保视频质量的同时使用更少的网络带宽；
- 通过 5G 的高带宽和低延时，为未来 3D 引擎的任意跨平台提供更多可能性；
- 支持边缘节点加速计算减少延迟，提高操作和管理效率，确保为用户提供流畅的云体验；

云渲染应用实例包括三维模型 APP、推流程序、网页实时通信（Web Real-Time Communications, webRTC）视频通道服务和运行以上服务的 docker 容器/KVM（Keyboard, Video, Mouse）实例载体；所述推流程序用于为三维模型 APP 提供云渲染的功能支持，将渲 染后的三维程序以视频流的形式推给用户终端浏览。

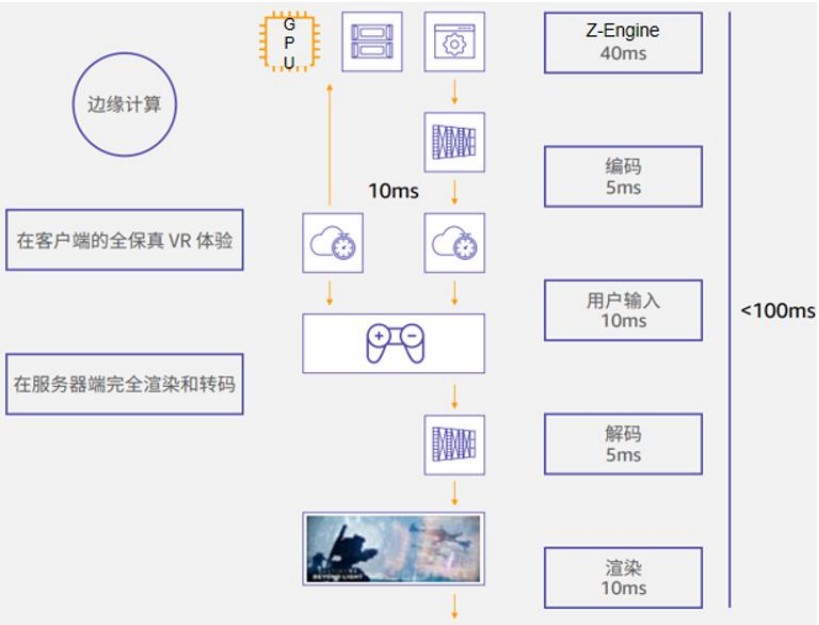
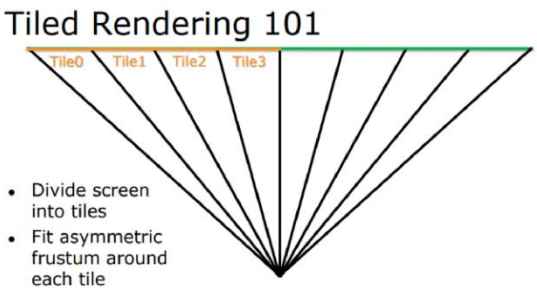


图 3-12 云渲染系统运行示意图

在不开启实时光线追踪的情况下，Z-Engine 采用分块延迟渲染的（Tiled Deferred Rendering）渲染方式。对于着色每个像素应该只读取一次 G-Buffer 和只写入一次 Shading 结果。即在传统延迟渲染的基础上把整个屏幕划分为 NxN 块，一块（tile）的分辨率是 16x16，利用 GPU Compute

Shader 的并行计算能力，计算哪些光源染哪些块（tile），并且让这些有效点光源对相应块的像素进行 Pixel 着色。



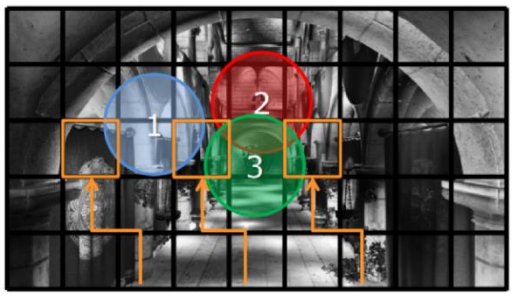


图 3-13 Tiled Deferred Rendering

开启实时光线追踪后的渲染流程，利用异步并行计算和异步并行着色渲染的方式，对计算流水线和渲染流水线的调用进行了合理解耦，同时结合 Tiled Deffered 流程。由于开启实时光线追踪后计算量变得非常大，所以采用了 CPU 快速数据流传送到 GPU 的算法设计：

1）初始化时 GPU 内存未写入缓存，不读取任何数据。流数据传送的同时始终写出整个缓存行。采用_mm_stream_si128 的方式，同时严格遵守数据对齐原则，一次写入缓存行不通过二级和三级缓存。(注意：在 AMD 锐龙 Zen3 和之后的架构上，由于 AMD 硬件环形总线本身有着高速 L3 缓存读取交换的功能，AMD 平台上可以一次性并行传输更多的数据给 GPU；

2）在数据绑定优化上采取如下算法思路：预建立数据结构和资源描述符数组的容器嵌套；

用偏移量绑定多个绑定点，由所有管道着色器全局访问；

3）渲染流程中，采用对渲染流水线状态的统一管理算法，不再频繁切换渲染状态参数；支持同一类型多个队列，同时支持在不同队列间工作的任意重新排序。将着色器、光栅、几何着色器全部打包并统一交换状态。在渲染状态和着色器更新时，管线状态必须与动态更新状态匹配；

4）对资源数据进行统一绑定管理，多个任务支持异步并行处理，图形、计算和/或资源绑定可以并行运行；

5）将 GPU 物理页和 GPU 虚拟地址的分配与资源分离，更好地分摊物理页面分配的成本。当场景不需要内存时，可重新使用内存；

6）下图三种类型的资源创建每个都有不同的 GPU、VA 和物理页面使用模式，以支持不同的场景。使用一个或多个已提交的上传缓冲区资源构建环形缓冲区，并将每个缓冲区永久映射以供 CPU 访问；

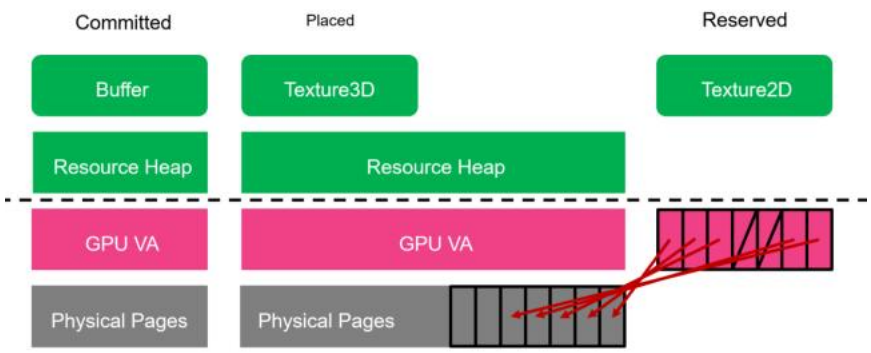


图 3-14 Z-Engine 云渲染底层工作模式

7）支持异步并行计算机制，在 CPU 将数据顺序写入缓冲区后，可在 GPU 执行异步并行渲染；渲染过程中重用发送到 GPU 的动态数据上传堆，实现 GPU 多路客户端访问，支撑并行高负载条件下的图形和图像渲染质量。通过异构的方式，可同时利用CPU、GPU、甚至APU(Accelerated Processing Units，CPU 与 GPU 的融合）等计算设备的并行计算能力从而提高云渲染优化的系统处理速度。

8）CPU 多线程工作模式

- 异构方式下，可使用其他队列进行操作。直接内存访问（Direct Memory Access，DMA）队列通过更快的传输提高性能，同时可以避免传输空闲图形；
- 使用 GPU 信号量同步多个队列（信号和等待）处理异步并行队列，可以跨多个 GPU 工作。
- 队列同步：当有大量不同的信号量和队列时，每个 GPU 作业都有依赖项列表（其他命令缓冲区），只有先完成依赖项，作业才能在其队列上运行。依赖项可以来自任何队列，调用 GPU 有专用的硬件 DMA 引擎，通过 DMA 上传比在通用队列上更快，即使在阻塞情况下也能够进行快速处理。

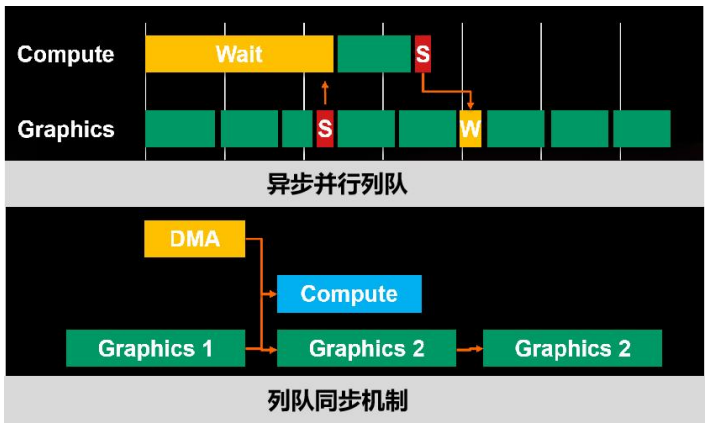


图 3-15 同步/异步机制

3.2.4 M-Engine 模型引擎

构建数字孪生系统的核心是设备的动态数字孪生模型（DTM）模型。DTM 模型包含物理实体的静态属性（几何模型）、实时状态（IOT 数据模型）和发展变化规律（机理模型），支持数字世界对物理世界的全真模拟和优化预测，也支持优化的结果反向控制物理设备。能够实现设备在物理空间和数字空间中的闭环优化和升级，实现真正的“以虚促实”和“以虚强实”。动态数字孪生模型包括基本属性、行为、事件、算法等元素。DTM 的基本原理如下：

（1）模型搭建

从物理设备中采集数据，并映射到数字孪生空间，用来：

1）构建物理设备的三维几何模型：通过对产线/车间物理设备的数据进行实时采集和处理，并将其映射到虚拟的数字孪生空间中，以模拟物理设备的运行状态、性能参数以及其与外部环境的交互等。因此，通过构建物理设备的三维几何模型可实现物理设备在数字空间的镜像，实现对物理设备的实时监控、故障预测和优化运行等功能。

2）确定模型的数据点位信息：首先，深入理解物理设备的结构、功能、运行原理和性能参数等；然后，选择合适的传感器采集数据（其中，传感器可监测设备的运行状态、位置、速度、温度、压力等关键参数）；将采集到的数据映射到数字孪生空间中，建立相应的数字孪生模型，同时要确定模型的数据点位信息，包括设备的几何形状、尺寸、位置、运动轨迹等；为保证数字孪生模型的准确性和可靠性，还需要根据验证结果进行修正和优化。

3）根据实时的 IOT 采集数据进行模型状态的更新或执行特定动作：在工业系统中，通过各种物联网设备和传感器进行数据采集，如生产设备的运行状态、工艺参数、产品质量等，同时需要将数据实时传输至数字孪生模型中进一步预处理和分析数据，并根据分析处理信息预判和决策，以触发执行特定操作，实现工业系统的智能化和高效化。

4）及时响应物理世界或数字孪生世界的各类反馈：通过物联网设备和传感器网络持续监测物理设备的状态和运行数据，可实现对事件的类型和严重程度进行分类，进而向相关人员发送报警信息，响应工作人员迅速了解情况并采取有效措施，对于非关键性事件，数字孪生模型会记录事件并生成相应的报告。

（2）模型优化

根据从物理世界采集和积累的历史数据进行数字孪生体的优化，包括

1）设定设备的运行优化指标：通过物联网设备和传感器网络从物理设备中采集历史运行数据（包括设备的状态、性能参数、能源消耗等），基于数字孪生模型进行数据清洗、标准化和特征提取等步骤，以提取出与设备运行性能相关的特征，进而设定设备的运行优化指标，同时，现

场传感器等设备实时监控物理设备的运行状态和性能参数，并将实时数据与设定的优化指标进行比较和分析，实现优化设定设备的运行指标。

2）发现和定义设备运行的机理模型：基于物联网设备和传感器网络采集设备的运行数据，通过对数据处理和分析的结果，可以发现设备运行的机理模型（包括设备的物理模型、数学模型和控制系统等）。通过机理模型深入理解设备的运行状态和行为，并经过验证和修正投入实际生产使用。

3）运用机器学习、预测回归、知识图谱实现过程优化：通过训练模型识别模式、预测趋势和检测异常，实现优化设备的运行效率和性能；而建立数学模型，对设备的运行参数进行回归分析，可以预测设备的未来性能和趋势；同时，数字孪生模型结合知识图谱技术，展示工业系统的知识和数据，为员工提供全面的信息和指导，进而实现加速员工对新设备的熟悉程度，提高工作效率和准确性。

（3）闭环反向控制

根据模型优化的结果，可进一步确定反向控制参数、命令及流程，通过边缘控制单元反向控制物理设备，实现闭环优化。

1）确定优化工艺流程：数字孪生模型通过物联网设备和传感器网络采集工业系统中各个设备的运行数据和工艺参数，同时，实时监控获取产线作业的数据，实现基于数字孪生模型进行预测与决策。根据预测和决策的结果，数字孪生模型可以设定优化目标，为了实现这些目标，数字孪生模型通过闭环反向控制来实现优化目标。

2）确定工艺优化参数：在数字孪生模型获取产线实时监测的数据进一步分析时，根据实时监控的数据和预测结果，对工艺参数和控制策略进行实时调整。这种调整是反向的，即根据实际运行数据和预测结果来调整工艺参数和控制策略，以达到最优的效果。在反向控制过程中，数字孪生模型会不断调整和优化模型的参数和算法，以提高预测和控制的效果，以适应实际需求的变化和技术的发展。

3）整合形成控制命令，下发给边缘控制单元：基于以上对参数与工艺流程优化后，数字孪生模型将优化目标和控制策略整合形成控制命令，以实现工艺流程的优化和控制，通过数字孪生模型将控制命令下发给边缘控制单元，边缘控制单元接收到控制命令后，将其转换为具体的控制信号和动作，并实时执行。这包括调节设备的参数、启动或停止设备等。

（4）仿真推演

在数字空间中进行仿真推演数字孪生模型（DTM）可以通过仿真推演支持基于动态 DTM 模型的数字空间仿真推演。DTM 模型具有单体化、对象化、动态化、实时化、语义化等特点，并支持自学习、自生长、自演进。

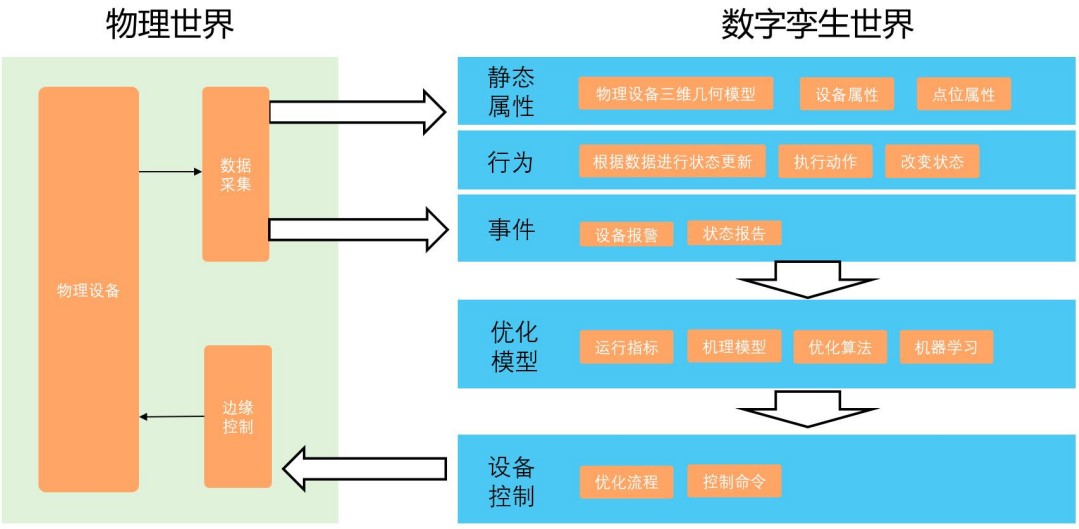


图 3-16　物理世界到数字孪生世界的映射过程

3.2.5 I-Engine 多模态仿真引擎

模拟仿真是一种通过构建计算机模型来模拟和重现真实系统行为的技术，它可以帮助我们理解和改进现实世界中的系统，提供决策支持和优化策略，降低成本和风险。

（1）I-Engine 多模态仿真引擎总体架构

I-Engine 基于领域大模型和 Multi-Agents 技术实现了一套多模态仿真技术的综合技术引擎，支持人工智能模型训练、仿真推演算法和工业机理模型算法的实现。I-Engine 多模态仿真引擎支持多种仿真算法的无缝融合，包括：

- 智能体建模+系统动力学建模+离散事件建模
- 运筹学（业务活动决策的数量化方法）、智能排产、路径优化
- 粒子（Particle）仿真+物理引擎，用于 3D 渲染流体和刚体可视化
- 固体仿真、流体仿真、电磁仿真、热传导仿真、多物理场耦合
- 有限元仿真：电子散热、电子晶体生长、LNG 储罐有限元仿真

I-Engine 支持自动化模型训练，包括自动化特征提取+自动调参+自动部署。能够实现边缘推理，模型打包下发，部署到 AH-Edge。基于 I-Engine 实现的工业智能算法和工业机理模型，会形成标准模型算法，在 AI-Lib 中统一管理，也可以通过 AH-Store 进行算法的分享和交易。

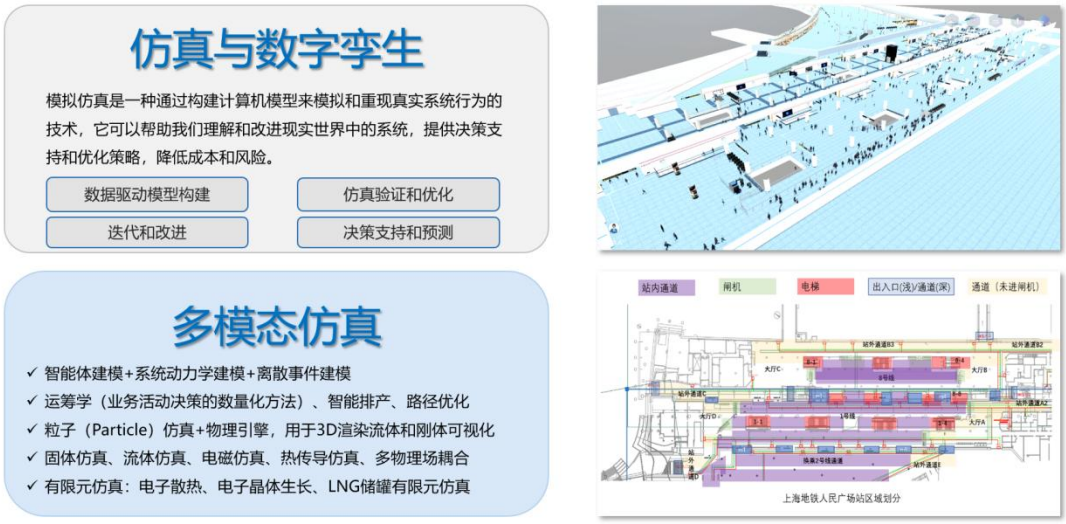


图 3-17 I-Engine 多模态仿真引擎

(2) I-Engine 多模态仿真引擎应用场景

I-Engine 多模态仿真引擎在多个行业有非常丰富的应用场景：

- 制造业：模拟不同工艺和操作策略，评估各种因素对生产线性能的影响，并优化生产过程。
- 交通运输：模拟不同交通场景下的车辆行驶和道路拥堵情况，评估交通规划方案的效果，并提供优化建议。
- 物流&供应链：模拟物流过程中的订单处理、库存管理和运输调度，评估不同策略对物流成本和交货时间的影响，并提供最佳的物流方案。
- 能源与环境：模拟能源生产和消费的过程，分析能源利用率和排放情况，并提供优化能源管理和环境保护的建议。
- 建筑与城市规划：模拟建筑物的能耗和室内环境，分析城市交通和人流情况，并提供优化建筑设计和城市规划的指导。
- 客流仿真：模拟人员的行为和移动，包括进入和离开特定区域、选择不同路径和目的地、与周围环境和其他人员的交互等。通过客流仿真，可以评估人员流动的效率、拥挤程度和安全性，预测紧急状态下的疏散情况。

(3) I-Engine 多模态仿真引擎核心技术实现

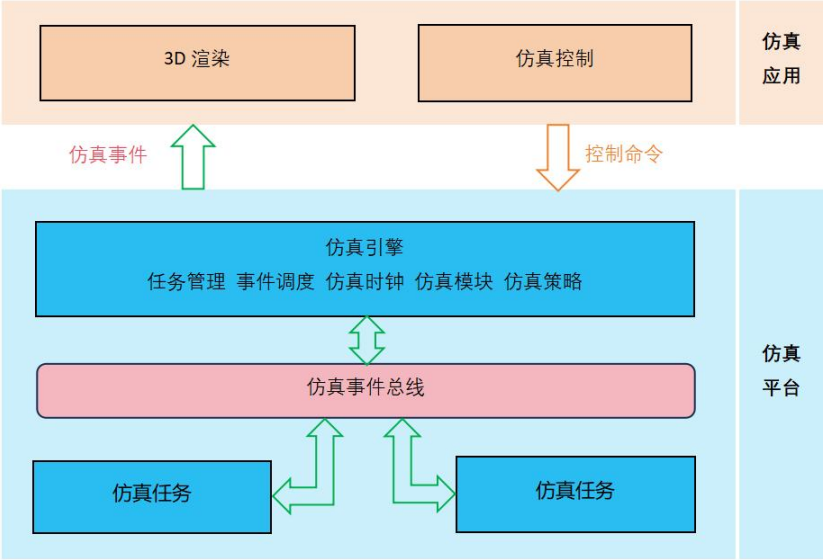


图 3-18 I-Engine 核心技术

- 智能体仿真为核心：基于智能体仿真(Agent Based Simulation)，既可以从微观视角观测个体的行为及其相互作用，也能从宏观层面观察系统整体涌现的性质和动态，辅助用户研究和理解系统中的复杂现象。
- 仿真算法模块化：仿真平台将不同行业和场景的仿真算法模块化，为每种智能体提供个性化的算法模块，实现其特定的仿真逻辑。同时提供扩展接口，用户可通过引入自定义算法模块扩展平台仿真能力。
- 可视化仿真：用户可以根据实际仿真场景，以可视化方式建立仿真策略：将仿真模块组合为有向图，建立系统仿真逻辑流程，从而实现完整的业务仿真过程。
- 自我进化：仿真平台结合强化学习、知识图谱等方法以智能体形式提供仿真预测模型，实现对用户业务场景的仿真预测、推演，以及仿真模型的自身进化。
- 分布式仿真：基于云计算的分布式和水平扩展能力，实现超大场景的实时仿真。将超大场景的仿真拆分为众多小场景的同步仿真，形成超大场景的实时仿真，使得仿真平台具备水平扩展能力。
- 大规模并行仿真：基于用户设定的仿真模型初始参数空间，在云端同时进行大批量的并行仿真，探索仿真模型所有可能的行为空间，记录仿真结果，并按照用户指定的评分标准自动评分，为决策优化提供仿真依据。
- 行业支持：算法模块支持众多行业：提供生产制造、仓储物流、业务流程、行人交通、城市规划等各个领域的仿真算法。
- 数据融合：支持接入用户多源异构的业务数据，结合仿真算法，通过仿真平台描述、分析和预测用户现实场景。

- 三维渲染：通过渲染引擎以 3D 形式高质量实时呈现仿真结果。

3.2.6 C-Engine 智能控制引擎

数字孪生技术实现了从物理世界在数字世界（虚拟空间）中的实时映射，然后在虚拟空间中进行仿真、推演、优化，实现了精准的、智能化的决策，那么下一步就是用这些决策的结果反向控制物理世界，实现价值闭环。C-Engine 智能控制引擎的核心作用就是提供一套虚拟空间对物理世界的操控机制、实现闭环反控。智能控制引擎主要包括以下核心功能：

- 设备控制代码自动生成：现实世界中的生产系统包含大量的智能设备，如机器人、机械手、自动导航小车（Automatic Guided Vehicle, AGV）、数控机床等等。这些设备都是由内嵌的智能控制程序来驱动的。C-Engine 智能控制引擎可以根据仿真优化结果自动生成针对这些设备的控制逻辑和代码。
- 实现控制指令下发和执行过程监控：现实世界中的生产系统，还包含大量非智能的设备，都是通过 PLC、分散控制系统（Distributed Control System, DCS）、数据采集与监视控制系统（Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA）等进行控制和监控。C-Engine 智能控制引擎可以生成对这些传统自控设备的控制指令，并且基于安全通道进行指令下发，以及指令的执行结果实时反馈，支持持续优化，形成闭环体系。
- 支持多种主流工业协议、兼容多种 IOT 数据采集和边缘控制器。
- 全 IP 化设计，云原生架构，支持控制服务在云端、边缘端、受控智能终端灵活部署；结合边缘协议转换和解析能力，能够完美穿透传统 PLC，打破烟囱式的控制架构。
- 支持边缘推理，领域大模型、仿真引擎构建的各种算法可以部署在边缘端，并由 C-Engine 智能控制引擎灵活调度。
- 支持灵活的流程定制和规则引擎。
- 安全保证：支持设备安全防护、通信通道安全防护。

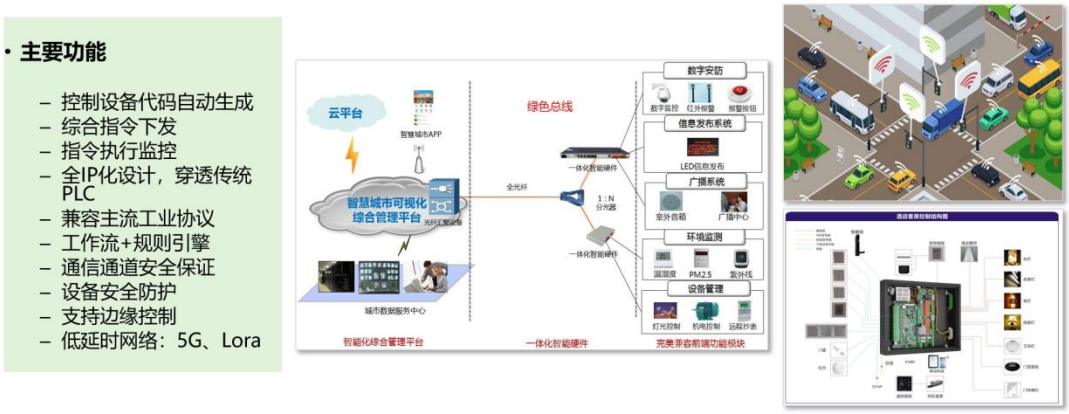


图 3-19 C-Engine 智能控制系统

下图是 C-Engine 智能控制引擎在交通枢纽机电设备优化中的应用架构。交通枢纽机电设备包括空调、通风、供暖等环控设备、电梯扶梯设备和动照配电系统等。基于 C-Enigne 在交通元宇宙中构建了全 IP 化绿智机电控制平台，实现了全面穿透传统 PLC 设备控制，实现了信息计算、存储、网络、制冷及智能管控的一体化调优，实现了绿智车站和虚拟电厂等增值业务，为全类型机电系统的绿智融合改造构建了强大的平台。

图 3-20 C-Engine 在机电设备中的应用

3.2.7 元宇宙场景生成

元宇宙场景生成（AH-AIGC）系统能够根据用户自然语言输入需求，由大模型进行理解意图，通过 DSL 引擎将需求转换成 DSL 代码语言，然后由底层转换成对应的程序代码，结合用户的具体需求，寻求算法支撑，包括特定任务的求解器，仿真任务算法生成，完成用户需求的逻辑编排与仿真数据生成。DSL 引擎解析执行 AIGC 生成的代码，与 Z-Engine 蓝图对接，调用 Z-Engine 引擎生成 3D 场景与场景仿真。具体来说，AH- AIGC 系统包括语义解释器、DSL 解释器、蓝图系统、参数化建模编辑器 4 大子系统组成。系统架构如下图所示：

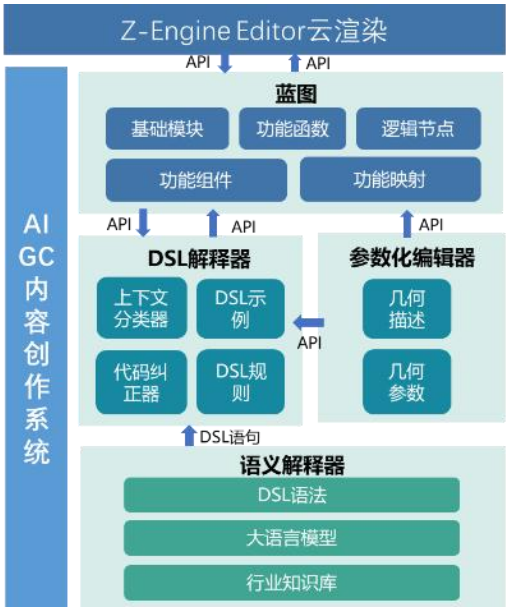


图 3-21 AH-AIGC 技术架构

（1）基于 LLM 的语义解释器

构建行业知识库，储存电视演播、教育、文博、工业等领域海量行业知识，包括文本数据、数据模型、机理模型等；LLM 在行业知识库的基础上进行指令微调，使其更深刻地理解行业知识，更好的结合行业语境进行用户自然语言解析；通过自然语言解析，提取用户意图中所需的实体，创建 DSL 实体编辑语句。

（2）基于 DSL 解释器的程序化内容生成

通过 DSL 解释器解析 DSL 语句，生成服务编排计划；通过代码自动修正功能，实现大语言模型错误代码的自动修改；通过定义参数与模型之间的特征约束关系，实现复杂场景的参数化建模；通过构建对标 UE 的低代码可视化开发系统，将包含特定功能的节点进行串联，实现应用功能开发。

（3）多人协同交互的数字化内容创作技术

支持在场景中访问其他人创建的场景、角色、动画等 3D 文件和资产，然后进行二次创作；支持多人协同设计，在引擎中修改模型的同时允许其他人同时添加或修改设计元素，并支持设计元素变化的实时查看，帮助设计团队进行实时交流及反馈意见，克服远距离协作障碍。

通过语义解释器、DSL 解释器、蓝图系统、参数化建模编辑器 4 大子系统生成多个创作交互开发工具。在标准化、批量化的开放引擎创作交互开发工具基础上，实现 AH-AIGC 系统开发。

子系统	工具/功能列表
语义解释器	行业知识库
	大语言模型
	DSL语法
DSL解释器	上下文分类器
	DSL规则
	DSL示例库
	代码纠正器
参数化建模编辑器	几何描述
	几何参数
蓝图	基础模块
	功能函数
	逻辑节点
	功能组件
	功能映射

图 3-22 AH-AIGC 系统功能清单

以立体仓库仿真应用的生成为例，AH-AIGC 的应用在这里表现得淋漓尽致。AH-AIGC 可以根据用户输入的参数和要求，结合立体仓库专业知识，设计立体仓库物流路径和建筑布局，最终生成立体仓库的 3D 场景和业务仿真系统。整个立体仓库仿真应用的生成过程，用户只需要关注输入的参数和要求是否完整且符合业务需要，无需关注技术实现和底层设计逻辑，操作门槛大幅度降低。AH-AIGC 的工作流大致如下：首先，用户输入仓库的基本信息，包括仓库的尺寸、货架的类型、设备要求、货物类型清单等；然后，AH-AIGC 系统根据这些信息，结合专业的知识库和预制的专项大模型与专项求解器，生成仓库设备模型信息，仓库整体布局规划，仓库入库出库业务流程的仿真数据等信息，仓库将信息转化成 DSL；DSL 通过专门的引擎进行解释，翻译成相应的代码，并编译执行，生成立体仓库仿真应用；最后，用户可以在这个应用中进行各种操作，如调整货架布局、调整物流路径等，以测试和优化仓库的运行效率。同步用户可以根据 AH-AIGC 生成的应用场景与仿真场景动态地调整。

AH-AIGC 在多种实际的工业场景也有比较深入地应用。以一个运输系统为例来进行场景的生成，用户输入运输系统的运输能力，比如运输工具种类与对应承载能力，运输货物的种类与特性，界定运输的范围，期望的到达时间等关键信息。系统就可以结合专项大模型与求解器生成一个运输调度系统，提供调度仿真的能力。再比如工业生产中的产线排布生成，系统可以根据用户提供的车间面积，形状，产线生成产品的种类，需要添加的一些特定环节等以自然语言告知系统，系统会结合特定的求解算法与大模型，动态地生成一个车间产线，以 3D 形式进行场景的动态仿真。

AH-AIGC 不仅可提高设计效率，降低设计成本。同时，由于 AIGC 技术具有强大的学习能力，随着用户反馈的积累，不断优化自身的准确度和生成效率，最终会成为用户身边可靠又趁手的生产工具。

3.2.8 元宇宙应用生成

元宇宙应用生成系统是一个结合了 BizOps（Business Operations）协作视图、设计蓝图、装配式集成与资产管控的应用全生命周期管理系统。系统通过将人工智能与 BizOps 紧密结合，实现了乘数效应，大幅提升了业务流程应用的开发效率。

- 从数字化顶层视角，支撑数字化全生命周期管理，同时提升应用资产 PBC（Personal Business Commitments）管理与复用；
- 通过技术创新，解决低代码应用在企业中落地的最后一公里的技术难题；
- 通过首个 AICode，两级加速新应用快速开发、老旧系统现代化改造、消除流程、信息、数据孤岛；

图 3-23 应用生成系统

（1）系统核心理念

1）AI 使能的软件开发，软件工程进入 3.0，形成软件开发新范式

AI 使能的软件开发新范式下，人工智能技术被深度集成到软件开发的各个环节中，从自动化编程、智能代码审查到个性化开发助手，AI 的应用极大地提升了开发效率和软件质量。同时，低代码/无代码平台的兴起使得非专业开发者也能够快速构建应用，而 AI 在持续集成和持续部署（CI/CD）流程中的辅助作用，进一步优化了软件交付周期。此外，AI 的预测分析能力有助于更好地满足市场和用户需求，而其在资源优化和知识共享上的作用，则推动了团队间的高效协作和

知识的累积传承。AI 使能的软件开发正逐渐演变为一个以智能化、自动化和用户中心设计为核心的全新开发模式。

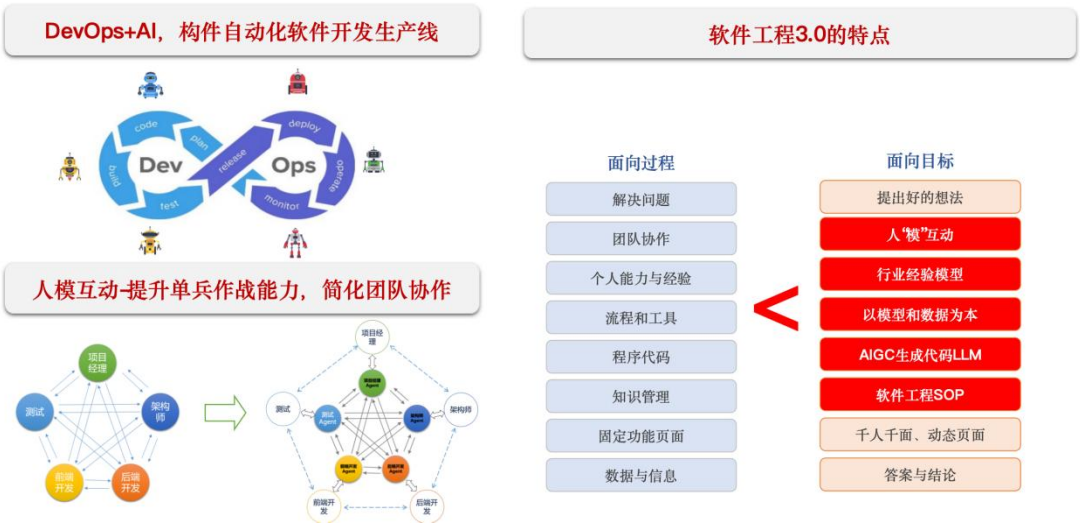


图 3-24 软件工程 3.0

2）基于 ADS（Automated Design System）实现软件开发领域的自动化

基于 ADS 实现软件开发领域的自动化是一项复杂而关键的任务。系统性设计是这一过程的核心，这需要结合人工智能的能力，以在软件需求、设计、开发、测试、集成和运维等各个环节显著提升效率和质量。

首先，ADS 的设计必须以全生命周期的角度出发，从需求收集和分析开始，到设计阶段，利用 AI 技术辅助制定更精确、可扩展且易于理解的系统架构。在开发阶段，自动化工具可以通过代码生成和自动化测试来提高开发效率，并在整个过程中保持代码质量和一致性。

图 3-25 软件开发自动化

在测试和集成阶段，AI 可以用于自动化测试用例的生成和执行，以及在不同模块之间的集成测试，从而降低错误率并加速发布周期。同时，运用持续集成和持续交付（CI/CD）技术，可以实现自动化部署和监控，使软件在生产环境中的部署更加流畅和可靠。

最终，实现自动驾驶软件工程化的目标意味着实现高度自动化的开发过程，使开发团队能够专注于创新和问题解决，而不是繁琐的手动任务。这不仅提高了软件的质量和稳定性，还可以加速产品上市时间，使企业更具竞争力。

（2）系统架构

系统提供从基础设施、平台服务到应用构建的完整功能。通过基础设施层（iPaas）提供运行时引擎（Runtime Engine）、基础服务、多云适配、IoT 接入等；提供资源统一调度，确保资源的有效分配和管理；以及安全功能，保障整个平台的数据安全和隐私。平台服务层（XPaas）提供应用元模型、API 编排、规则建模等，支持快速构建和部署应用，包括微流引擎、大数据引擎、AI 引擎等，为应用开发提供强大的后端支持。应用构建层包括设计域、配置域、构建域、运行域等，允许用户通过可视化工具进行应用设计和配置，提供页面引擎、流程引擎、数据引擎等，加速应用开发和迭代。顶层提供包括客户应用、供应商应用、OA 应用、HR 应用、连锁门店应用等，满足不同业务需求。整个架构体现了 SaaS 平台的高度模块化和灵活性，通过分层设计，使得平台能够适应不同的业务场景和客户需求，同时保证了系统的可扩展性和可维护性。

图 3-26 应用生成系统架构

（3）系统亮点

1) 数字化全生命周期管理

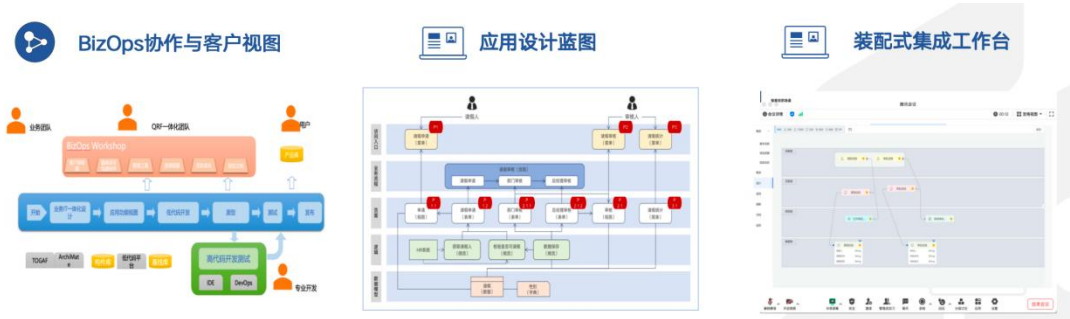


图 3-27 数字化全生命周期管理

- BizOps 协作视图提供了实时项目信息，以优化客户与团队之间的沟通和项目管理，同时确保需求传递的准确性。
- 应用设计蓝图支持全局设计和架构展示，帮助团队更好地理解和规划应用功能，从而提高开发效率和质量。
- 装配式集成工作台简化了应用和数据的集成过程，通过模板和组件库加速了开发周期，并降低了集成成本。

2) 行业领域大模型 + BizOps

- 行业领域大模型的自动生成应用初始版本功能加速了原型开发，同时基于数据分析的持续优化提高了用户体验和满意度。
- 行业领域大模型提供的准确建议有助于团队做出明智的设计和开发决策，降低了错误和调整的成本，提高了开发效率和质量。

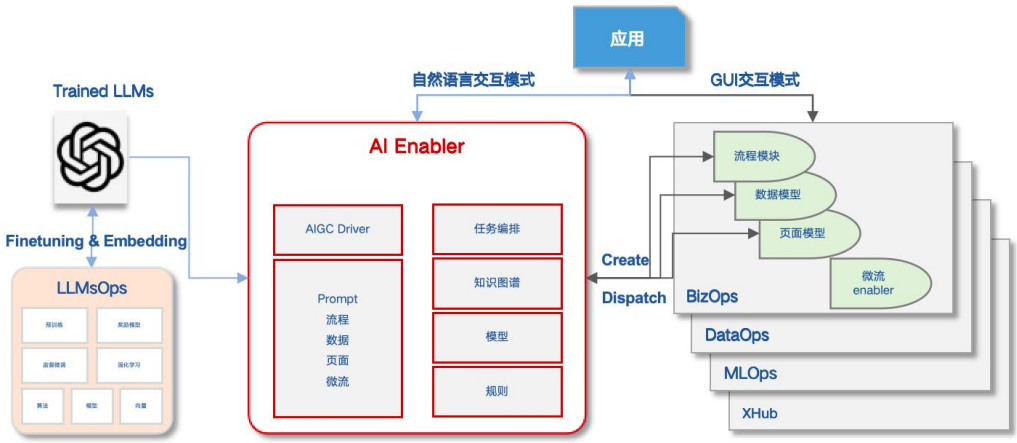


图 3-28 行业领域大模型 + BizOps

3) 软件 BIM 引擎

- 软件 BIM 引擎降低了应用设计和开发的风险，同时提高了系统的可维护性和扩展性，为企业长期发展提供了稳定的基础。
- 软件 BIM 的一体化特性促进了业务、设计和开发的协作，减少了沟通成本和误解，提高了团队的整体效率。

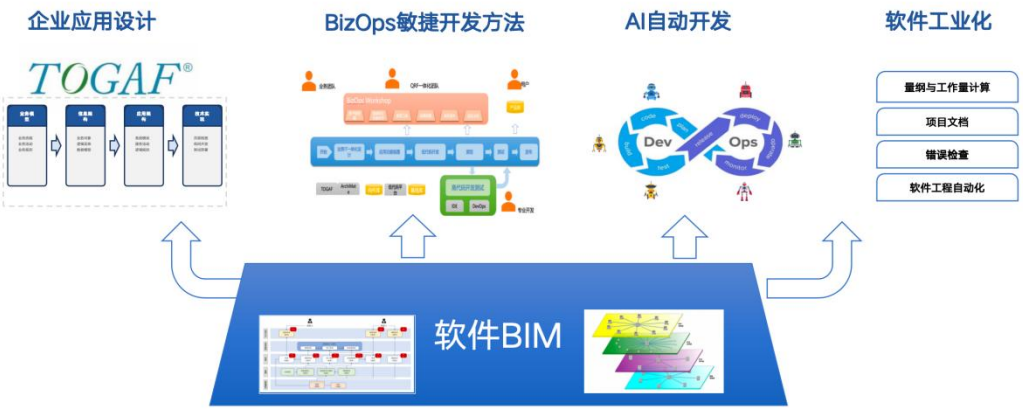


图 3-29 软件 BIM

4) 装配式架构支撑企业资产的 PBC 化沉淀与共享

- MetaAPP 的资产管理功能帮助企业更好地管理和利用资产，促进了团队和部门之间的协作和共享，实现了资源的最大化利用。
- 装配式架构的快速装配和组装特性降低了系统集成的复杂性和成本，同时提高了系统的灵活性和可扩展性，为企业的未来发展提供了更大的空间。

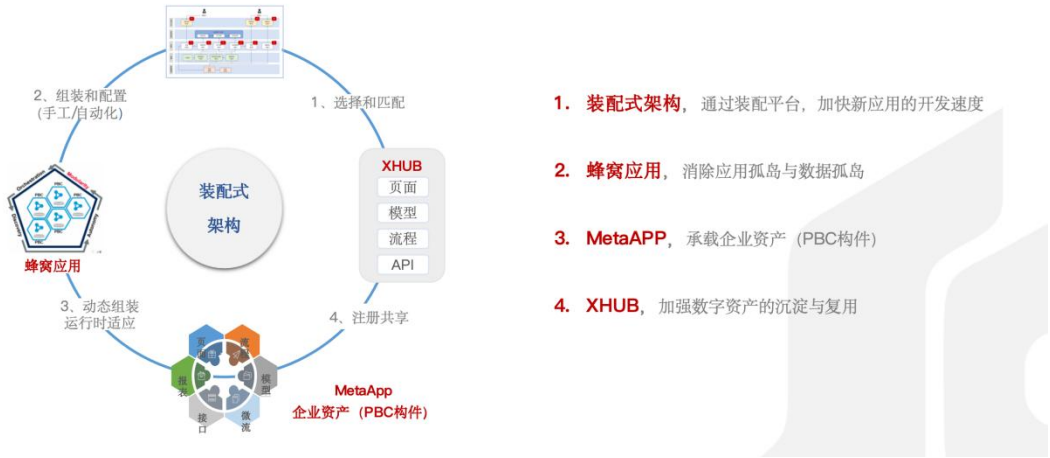


图 3-30 MetaAPP

5) 工业级平台 & 现代化应用体验：

- 平台的互联网级性能和电信级稳定性设计确保了高并发和大规模应用的稳定运行，提高了用户体验和满意度。
- 平台通过国际安全认证 CC EAL5 保障了企业数据的安全性和完整性，增强了企业的国际竞争力，为全球业务拓展提供了有力支持。

6）专业的建模引擎

A. 数据建模 - 实现数据驱动的关键

数据建模在应用开发中扮演着至关重要的角色，它是实现数据驱动的关键之一。以下是数据建模的关键功能和特性：

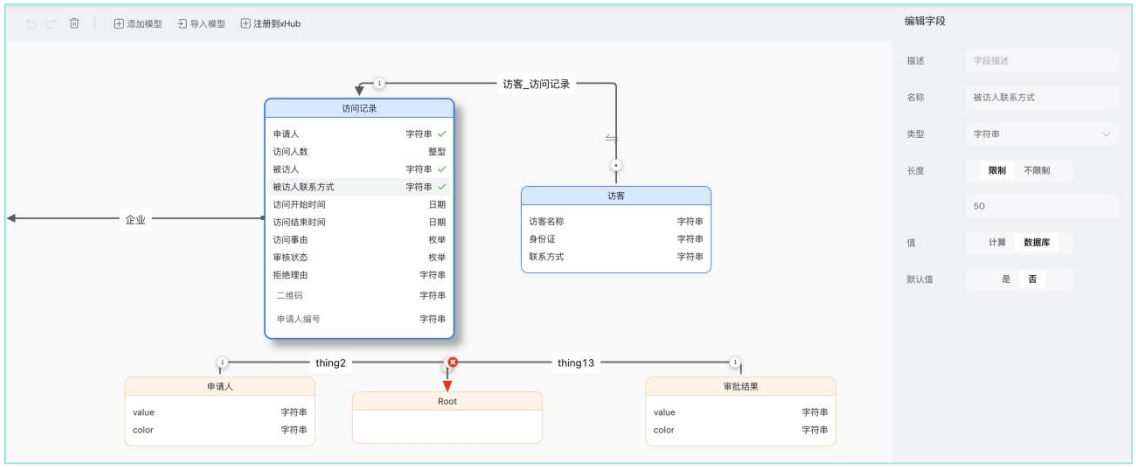


图 3-31 数据建模

- 多模型支持：应用支持建立多个数据模型，使得开发者可以根据不同的需求和业务场景灵活地创建和管理数据模型。
- 多模型关系支持：数据模型之间支持建立 1:1、1:N、N:1 等关系，满足复杂数据关联和查询的需求。
- 数据导入与集成：支持从 Excel 等多种数据源导入数据，同时可以注册和使用 Xhub 进行数据集成和管理。
- 自动生成数据 API：提供自动生成数据 API（DataAPI）的功能，简化了数据的访问和操作。
- 表单驱动体验：基于表单驱动体验和数据驱动结合，开发者可以在应用未部署前进行重复模型和字段的定义，并且通过拖拽操作避免重复设计，提高开发效率。
- 智能合并与操作：后台算法能够自动判断数据模型之间的关系，并提供合并提示，同时支持手工操作进行数据合并。此外，还提供一键生成增删改查页面的功能，加速页面开发和数据管理。

B. 流程建模 - 增强流程引擎应用场景

流程建模是增强流程引擎应用场景的关键，它为企业提供了灵活、高效的流程管理工具。以下是流程建模的关键功能和特性：

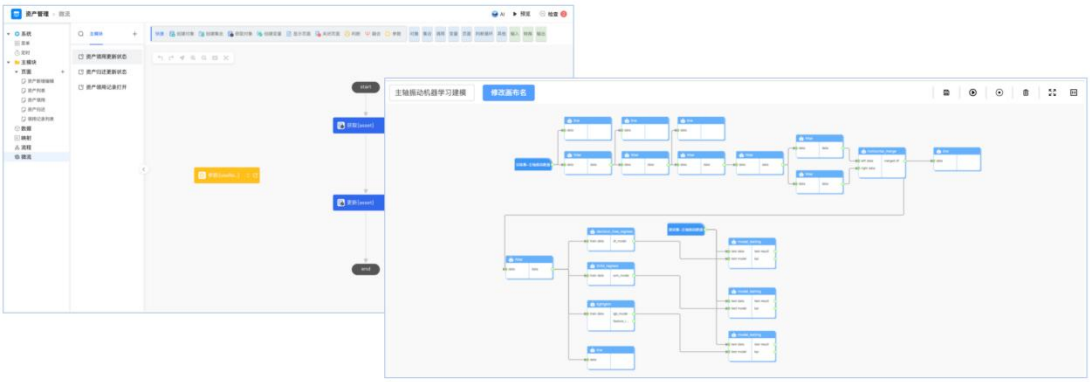


图 3-32 流程建模

- 微流节点支持：增加微流节点，支持更加精细化和灵活的流程设计。微流建模提供了可视化拖拽布局操作，支持多种活动类型，包括变量、顺序、分支判断、分支合并、网关、动作、循环等，同时支持断点调试，提高了流程设计的灵活性和效率。
- 模拟运行和分支判断规则：增加模拟运行和分支判断规则功能，提高了流程设计的准确性和实用性。
- 流式编排和手动布局：提供流式编排和手动布局功能，使得流程图的设计更加直观和灵活。
- 支持人工节点进行页面建模：支持人工节点进行页面建模，提供了更加丰富和灵活的流程设计工具。
- 节点动态处理人和组织：增加节点动态处理人和组织功能，提高了流程执行的灵活性和效率。
- 业务流程和 IT 流程转换与适配：支持业务流程和 IT 流程的转换与适配，满足了不同业务场景和系统间的集成需求。

C. 页面建模 - 所见即所得的页面设计

页面建模是实现所见即所得页面设计的关键工具，它为开发者提供了丰富、直观的页面设计功能。以下是页面建模的关键功能和特性：

- 引导式编排和交互图：提供引导式编排和交互图功能，使得页面设计更加直观和易用。
- 丰富组件库：提供 60+组件，包括视图列表组件、报表大屏的图表组件、表格、卡片、时间轴、相册、日历、甘特图、地图等，满足了不同页面设计需求。
- 计算公式和函数库：提供 30+计算公式和函数库，支持自定义逻辑规则和计算公式，为页面设计提供了更多的灵活性和定制化功能。
- 自定义样式和逻辑规则：支持自定义样式和逻辑规则的设置，满足了不同页面设计和业务需求。

- 自动生成控件和绑定字段：自动创建模型、字段和控件，简化了页面建模和数据绑定的过程，提高了开发效率和质量。

（4）系统价值

- 通过数据速集技术，实现老旧系统快速改造，零散数据快速集成
- 全生命周期管理能力，加速企业数字化；
- 通过 AI 与低代码结合，实现开发速度乘数提升，成本改进明显；
- 速开技术，实现 95%需高代码场景的开发效率，软件开发人员技能要求下降；
- 通过 MetaAPP+Xhub+装配式，挖掘出沉淀的数字资产并实现复用，避免反复投资浪费。

3.2.9 专家数字人

从数字人在产业元宇宙的实际应用场景的角度，我们把联想新视界专家数字人派老师划分为三类角色，分别是展厅讲解员、运营情报员和决策指导员。

派老师可以担当展厅讲解员，实现智能问答，具备自学习和记忆能力，可以逐步成长为专家问不倒的智能讲解员。只需一台派中心一体机，传统展厅即刻跃升为数智化展厅。客户只需上传文档，即可训练专属的领域大模型。依托强大的浩界 2.0 平台，派老师还可以担当掌握企业全域信息的运营情报员，通过与企业信息中心系统相连，收集企业资源计划系统（ERP）、制造管理系统（MES）、产品生命周期管理系统（PLM）等关键系统数据及各种设备运行状态的实时数据，利用多智能体架构的人工智能技术自动生成企业运营指标体系，并把统计数据以图表、数据组件等形式呈现给客户。此外，派老师还可以担当制定并执行改善方案的决策指导员，利用人工智能内容生成技术（AIGC）结合企业自身知识库生成虚拟场景。将企业经营与运营数据注入虚拟场景空间，进行仿真预测形成智能方案推荐。按照决策者命令，可将方案直接在物理世界实施，自动生成应用系统及系统指令。

图 3-33 专家数字人三类角色

3.3 DTOS 数字孪生操作系统

DTOS 数字孪生操作系统是 NovoVerse 的上一版本产品，DTOS（Digital Twin OS）以数字孪生技术为核心，融合数据采集、多源异构数据集成、DTM 模型构建、仿真推演、闭环反控、

低代码应用开发等技术，形成有机整体，为企业构建数字孪生系统提供了全价值链工具平台，是支撑企业的数智化转型的一个全面高效的数字底座。

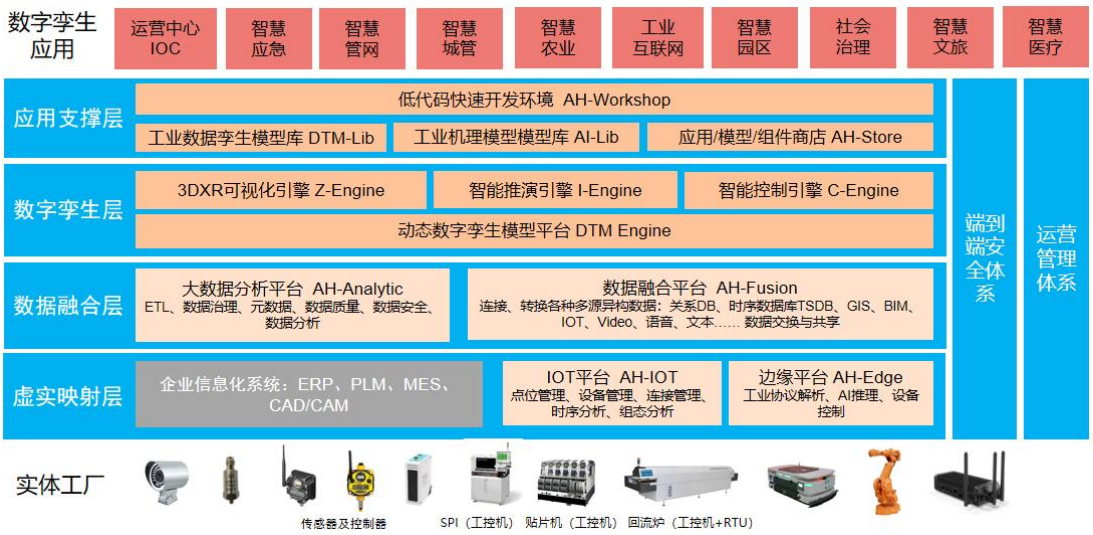


图 3-34 DTOS 数字孪生操作系统架构

DTOS 包含四横两纵的总体架构，其中：

- 虚实映射层负责把实体工厂的数据映射到数字世界：AH IOT 负责物联网数据的采集和处理，NV-Edge 负责边缘计算和人工智能的边缘推理。
- 数据融合层负责多源异构数据的融合，IT/OT 域数据的融合：DataOps 提供大数据分析和数据治理能力，AH Fusion 实现多种结构化、非结构化、半结构化数据的融合和交换共享，支持业界各种主流数据库的接入，尤其在工业时序数据处理方面有很强的优势。
- 数字孪生层是智能化的核心：M-Engine 负责构建丰富的工业设备数字孪生体模型，用户可以通过数字孪生体全面掌握物理设备的状态，并对其进行分析和控制。Z-Engine 是一个 3D AR/VR 可视化引擎，支持复杂工业设备的模型动态 3D 展示。I-Engine 负责人工智能训练、推演和工业机理模型算法的实现。智能控制引擎 C-Engine 负责实现对物理设备的反向智能控制，实现业务价值闭环。
- 应用支撑层提供丰富的工具和模型库支撑应用的快速开发：AH Workshop 是一个低代码开发环境。DTM-Lib 聚集各个行业工业设备的模型，辅助用户进行快速建模。AI-Lib 提供大量的工业智能算法和工业机理模型的积累。AH-Store 支撑生态系统和合作伙伴，进行基于 DTOS 平台的各种组件、模型的共享和交易。

3.4 软硬件一体化产品

3.4.1 派中心数智专家一体机

派中心数智专家一体机（派中心一体机），作为 NovoVerse (浩界) 2.0 产业元宇宙平台的统一人机交互界面，具备澎湃算力、轻松定制、全面感知、灵性互动四个特点。一体机搭载 2 块中档均衡算力英伟达显卡，可同时胜任渲染和推理。同时，一体机配备服务器级别的 CPU，采用工业级主板，具备更强稳定性和可靠性及环境适用性。在软件方面标配三维超写实数字人，男女各一名，支持动作、表情、服装、背景随意切换，为企业用户提供更多样化的服务形象。一体机采用本地云渲染技术，可实时输出多路独立运行的数字人。在训练方面支持本地训练，只需上传文档即可训练专属领域大模型。由于是本地部署领域大模型，反应更敏捷的同时有效保证企业数据安全。在人机交互方面，一体机选择了 65 寸电容触摸屏，更轻薄，且提供更灵敏的触觉；听觉方面采用了八阵列麦克风，同时支持定向麦克风的接入，保证在安静环境下不漏收，在嘈杂环境下不错收；视觉方面使用了深度相机支持沉浸式体验，具备人脸识别、手势识别和姿态识别的能力，当一体机感知到用户动作时，可以配合不同款式的设备给回应用户动作。一体机设计了时尚款、灵动款、移动款、舞动款四个款式，适用不同场景的互动。

图 3-35 四种产品形态

派中心一体机具备如下四大优势：

1. **澎湃算力**

- 搭载 2 块中档均衡算力英伟达显卡，可同时胜任渲染和推理；
- 配备服务器级别的 CPU,采用工业级主板，具备更强稳定性和可靠性及环境适用性。

2. 全面感知

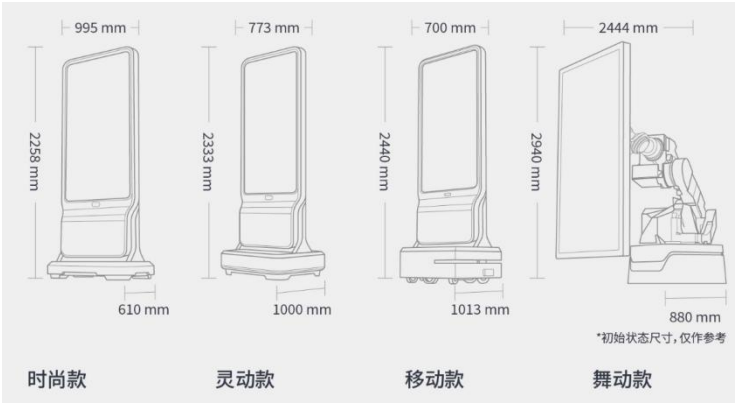
- 触觉：65 寸电容触摸屏，更轻薄更灵敏；
- 听觉：采用八阵列麦克风；
- 视觉：深度相机支持沉浸式体验，具备人脸识别、手势识别和姿态识别能力。

3. 轻松定制

- 标配三维超写实数字人，男女各一名；
- 采用本地云渲染技术，可实时输出多路独立运行的数字人；
- 多智能体架构更好支持企业工作流；
- 只需上传文档轻松训练专属领域大模型；
- 本地部署领域大模型，反应敏捷，数据安全。

4. 灵性互动

多款式设计：时尚款、灵动款、移动款、舞动款，适合不同场景互动。

产品基础配置		
硬件规格及外观配置参数	尺寸详情	
	机身材质	时尚金属机身
	颜色	星际灰+银河白
	CPU	Xeon®Silver 4314 3 代至强 16 核 32 线程
	内存	DDR4-3200 128GB
	硬盘	512G SSD + 4TB SSD + 4TB HDD
	显卡	2 块 NVIDIA RTX 4000 Ada 20GB
	主板	C621A 工业主板
	显示	65 英寸 投射式电容触摸屏

	感知交互设备	深度相机+立体声音箱+八阵列麦克风
	外部接口	1 个电源航空插口 1 个多功能航空插口（1 个 USB 1 个网口）
	安全接口	4 个 USB
软件功能配置参数	系统名称	派中心智能体操作系统
	Launcher 版本	派桌面启动器 1.0
	系统功能	K8S 容器管理功能+多机自组网功能
	知识库训练	支持用户上传 Word、PDF、TXT、Markdown 等非结构性文档，自动生成知识库
	数字人形象	3D 超写实数字人，男女各一名
	数字人渲染模式	本机云渲染，支持≥2 路独立输出
	多模态交互	具备手势识别、人脸识别、姿态识别能力

产品差异化配置				
	时尚款	灵动款	移动款	舞动款
转动功能	×	底盘≤330°转动	地面全向转动	6 轴多方位移动
跟随人物转动	×	√	√	√
语音控制转动	×	√	×	×
随声音舞动	×	×	×	√
沿设置路线导览	×	×	√	×

3.4.2 边缘计算集群一体机

边缘服务器集群的应用场景广泛，涵盖了工业互联网、车联网、移动互联、卫星通信和交通枢纽、商场、医院、矿场等多个领域。它可以通过提供低延迟、高带宽的数据处理服务，支持实时决策和数据处理，推动这些领域的智能化升级和发展。

工业互联网领域，在产线、车间和工厂内部署边缘云，基于云边协同体系构建工业互联网平台。在边缘侧对业务数据进行实时处理、智能运算，而在云端进行数据的二轮处理和深入分析，

以及对算法模型进行升级迭代，从而实现全局优化、统筹调度。这种方式可以解决工业设备繁多、软件闭源的痛点，为 IT 与 OT 提供跨网互通的能力，降低工业互联网的改造成本。

车联网领域，需要实现车路协同，边缘服务器集群可以支持车联网中的实时数据处理和决策，使车辆能够更快速地响应环境变化，提高行车安全。

移动互联网环境中，边缘服务器集群可以提供低延迟、高带宽的数据处理服务。这对于依赖移动网络的应用，如远程维护、增强现实、远程医疗等，具有重要意义。

在卫星通信领域，边缘服务器集群可以支持大量终端设备在偏远和恶劣环境下的数据传输和处理。通过部署在卫星上的边缘服务器，可以实现对地面终端设备的实时数据收集、处理和传输，为远程监控、灾害预警等应用提供支持。

在一些网络连接有限但工作负载稳定的场所，如交通枢纽、商场、医院、矿场等，边缘服务器集群可以提供高可用性的数据处理服务。同时，它还可以支持跨数百到数千个节点的数据应用程序的混合布局。

根据业务需求，不需要专业机房环境，利用 3 至 5 台边缘服务器，快速搭建分布式边缘计算集群，通过 DTOS 数字孪生操作系统构建开放式云原生的技术架构，构建“边端云”计算中心，在物理节点上利用 PVE 创建虚拟节点，利用多副本技术实现系统整体高可用。支持本地数据存储，运行行业应用，满足不同业务场景数字化转型边缘计算的部署需求。业务需求增加可灵活扩展集群算力，通过资源调度，满足数据处理、图像处理、AIGC 等需求。目前，联想新视界边缘计算集群已应用于以上场景中的元宇宙场景生成、领域人工智能模型训练、双碳管理、电气设备智能控制、客流数据统计分析等实际业务中。

1. 产品技术规格

序号	名称	描述
1	主机	整机尺寸：385×285×192mm
2	CPU	i7-8700 6 核心 12 线程 主频：3.2GHz 最高睿频：4.6GHz
3	内存	32GB DDR4
4	硬盘	4TB HDD 3.5 寸机械盘， 4TB SSD 固态 2.5 寸， 512GB SSD 固态 2.5 寸
5	网卡	PCIe 转双网口万兆光纤口

6	主板	Q370，支持 LGA1151 架构 8 代， Celeron /Pentium/Core i3/i5/i7 处理器， Q370 高速芯片组， 2 网口， 2PCI， 5PCIe，6*COM，11*USB 要求：Intel AMT 协议或 ipmi 协议（主机外带远程控制，不依赖操作系统 ，可在关机通电通网情况下远程开机）
7	显卡	PCIE RTXA4000 16G 显卡

2. 产品图示

图 3-36 边缘计算集群一体机

3.4.3 元宇宙机器人

在人工智能+产业元宇宙的新范式下，通过构建数字孪生、仿真推演以及以虚控实的闭环系统，提升机器人操作的灵活性、准确性和安全性，赋能传统工业转型升级。首先，通过数字孪生可以对使用的机器人进行 3D 扫描和建模，创建机器人的数字孪生体，实时反映机器人的物理状态、性能参数和操作历史。然后对机器人在安装、维护和检修等不同工作场景下的行为进行仿真模拟，通过这种方式可以预测机器人在实际作业中的表现和潜在问题，如动作精确性、作业效率和安全风险。根据仿真推演的结果制定机器人的操作方案和工作流程。例如确定机器人在导轨安装中的最优路径和动作序列，以及在检修维护时的最佳介入时间和方式。此外，操作员可以通过平台监控机器人的实时工作状态，并通过数字孪生体进行反向操作，远程调整机器人的工作参数，确保其按照最新的工作方案执行。机器人完成任务后，其操作数据和工作效果反馈到数字孪生体中，用于持续优化仿真模型和操作方案。这样，机器人的性能和作业精度可以得到不断提升。

上述闭环的元宇宙机器人系统可以实现更加智能化和自动化的作业流程，减少人为错误，提高作业效率和安全性。将机器人在电梯、采矿等工业领域进行应用，为整个工业自动化带来革命性的变革。

以电梯行业举例，当前的电梯安装行业中，由于电梯井道工作环境恶劣，危险，长期存在从业人力匮乏、人员老化、伤亡事故频发等诸多痛点。电梯导轨自动安装方案由 4 台在电梯井道中自动工作的机器人和基于 DTOS 搭建的设备管理平台组成。利用边缘计算，机器视觉，3D 空间定位，3D 场景重建，IoT 物联网，数字孪生等技术，构建了电梯井道勘测，井道钻孔，导轨支架和导轨安装，以及导轨安装质量检测全流程闭环，完美替代传统人工劳动。

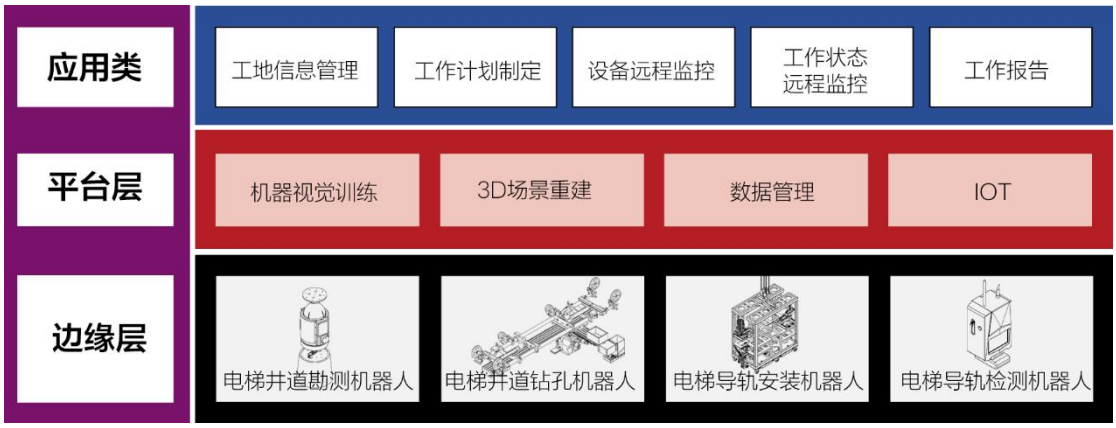


图 3-37 电梯导轨自动安装方案系统架构

电梯导轨自动安装方案由边缘层，平台层和应用层组成：

边缘层设备包括 4 台不同功能机器人，电梯井道勘测机器人、电梯井道钻孔机器人、电梯导轨安装机器人和电梯导轨检测机器人。机器人利用各类传感器采集环境和工作数据，并利用搭载的边缘计算端，进行实时数据计算和将数据上传至设备管理平台。

平台层负责数据管理，以及各种数据的计算和利用。包括机器人视觉识别模式的训练以及模型下发；3D 场景计算和生成；物联网数据的实时分类和处理

应用层包含适用电梯导轨自动安装场景的各类应用：机器人设备数字孪生，工作报告呈现，机器人工作计划制定，以及与工业客户企业 IT 系统对接的各类软件接口。

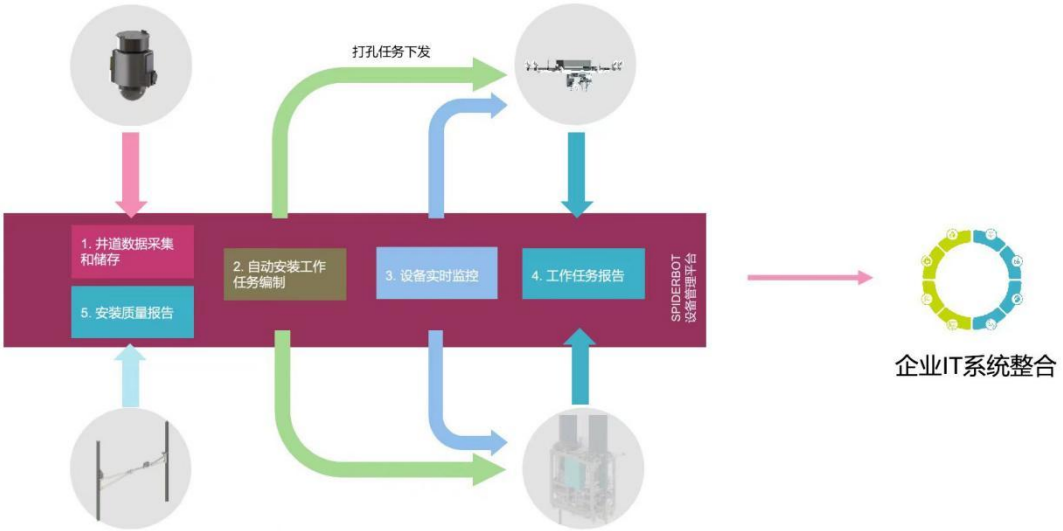


图 3-38 电梯导轨自动安装方案系统功能和工作流程

井道 3D 扫描机器人搭载激光深度传感器，扫描目标工作井道，利用强大的边缘计算能力，实时进行电梯井道 3D 场景重建。可在 10 分钟内产出初级井道 3D 模型，为判断井道工作环境提供可靠依据。机器人还可将井道 3D 数据上传至设备管理平台，利用平台 AI 算力进行深度计算从而产出更为精确的井道 3D 场景模型。

井道钻孔机器人可在短时间内部署于电梯井道完成人工安装最危险的导轨钻孔，螺栓安装和导轨支架安装的工作。机器人依据事先制定的工作计划，逐层钻孔，安装螺栓和导轨支架。并利用机器视觉等技术，大幅提高安装精度，提高电梯运行安全性和舒适性。

导轨安装机器人利用平台化模块化设计和机器视觉等技术完成电梯导轨的吊装。

导轨检测机器人对导轨安装质量进行检测，并生成测试报告。客户可于办公室了解位于世界各地安装现场的实际安装质量。

通过设备管理平台数字化每一台机器人，每一个项目，每一个工作井道，每一项工作。并管理所有机器人采集的工作和环境信息，制定安装计划，进行质量检测回溯。平台同时具备完善的拓展性，与工业客户的内部 IT 系统实现对接。

3.5 NovoData 数字资产平台

3.5.1 平台概述

数据资产平台以领域大模型为基础，主要提供四大核心技术引擎，分别是物联网、大数据、数据治理以及数据资产管理引擎。通过 IOT 平台连接和管理各种生产现场工业设备，收集实时

数据；通过大数据平台处理和存储大规模数据集，支持复杂的数据分析；数据治理将 DataOps 理念+AI 大模型融为一体，支持 AI 使能数据治理、数据编织、数据蓝图等，助力实现更高的质量数据和更智能的数据管理；数据资产管理着重构建企业的数据资产目录，实现资产的自动发现和管理。

在技术引擎的基础上，可面向数据加工和数据资产交易领域，提供定制化的、端到端的、安全的数据治理解决方案，可满足企业数据集成、数仓建设、数据治理、数据智能分析、数据静态资产入表、数据产权管理、数据合规监管、资产实时报表、数据金库、数据交易等智能化场景建设，可用于智慧城市、政府、智慧医院、医疗、科研机构等领域。

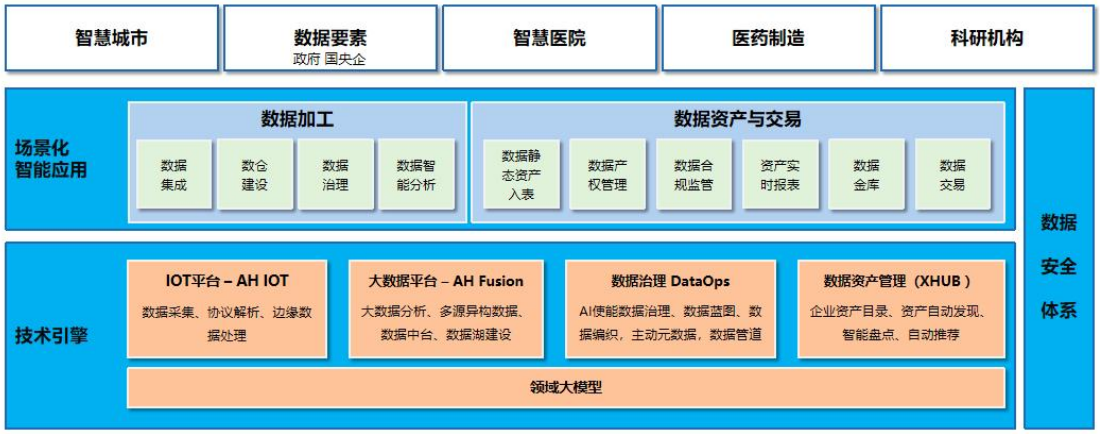


图 3-39 NovoData 数据资产平台架构

3.5.2 AH IOT 物联网平台

随着智能终端设备和 5G 通讯的普及，更多的数据智能应用场景将会产生在企业、工厂、小区、楼宇，城市道路交通等现实生产和生活中。在这些场景中，数据需要更快地采集、处理、分析、反馈，贴近现场的边缘计算就是为了满足日益增长的海量数据和实时计算的要求而产生的。特别是工业企业通过部署工业物联网平台及边缘计算解决方案，可以实现工业底层产线、车间级资产的全面感知与洞察，数据的全量采集与智能化分析。

边缘计算与物联网平台主要分为感知控制技术、边缘计算技术、信息处理技术和安全管理技术。通过自主研发了工业物联网平台 AH IOT，面向工业或泛工业领域。该平台针对用户的设备连接、系统协同、数据分析等需求，提供边缘接入、数据采集、时序存储、数据计算、数字孪生、数据可视化等能力，从而为企业提供从现场设备、传感器、仪表接入到智能应用服务的端到端解决方案。

从技术架构上，AH Edge 边缘计算平台以边缘网关管理、设备数据接入、数据处理缓存、边缘计算为主，AH IOT 物联网平台提供数据汇总、存储、计算、分析、建模与应用服务。边缘端

到平台端以消息队列遥测传输协议（Message Queuing Telemetry Transport, MQTT）为主要通讯协议，完成数据上报、指令反馈、远程控制等多种功能。物联网平台对外部提供大数据、人工智能等相关平台的连接与调用能力，支持数据与接口的多系统集成。

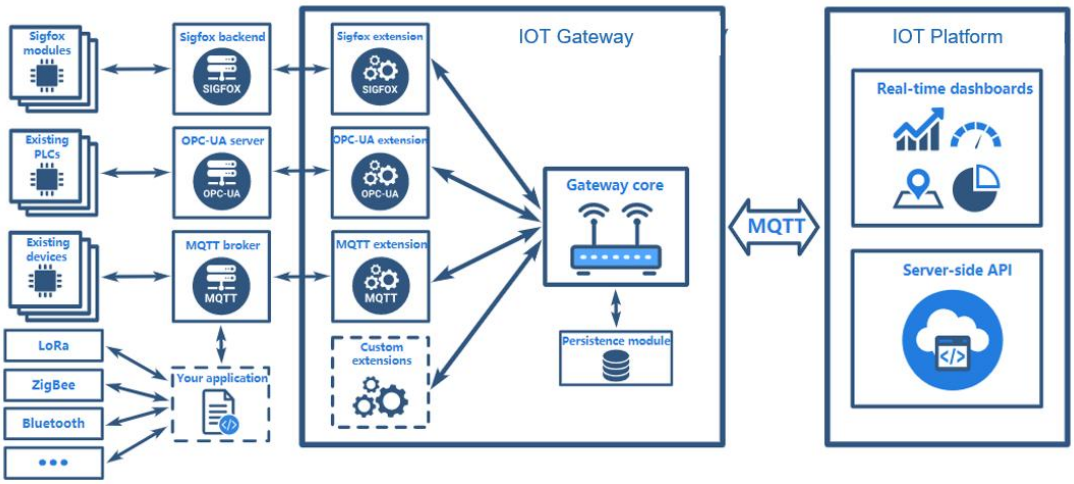


图 3-40 AH IOT 物联网和边缘计算平台架构

感知/控制/设备层：工业传感器能够测量或感知特定物体的状态和变化，并转化为可传输、可处理、可存储的电子信号或其他形式的信息，是实现工业物联网中工业过程自动检测和自动控制的首要环节。工业控制系统包括 SCADA、DCS、以及其他较小的控制系统如 PLC 等。

边缘计算层：以工业设备接入、工业系统接入、工业协议适配、工业数据采集为核心，提供近现场的数据计算、存储、分析能力。通过轻量级边缘计算框架，嵌入工业设备、网关、上位机，并且可根据计算资源，灵活地部署边缘端计算规则、分析算法或智能应用，实现工业现场设备互联、边缘智能化目标。

物联网平台，提供连接管理、数据管理、数据计算三大功能。其中，连接管理包括边缘服务器或智能传感器（直连）的接入及状态监控，提供完善的证书与密钥机制，保障接入与传输的安全性。连接管理提供了分布式的消息服务与响应架构，支持基于标准通讯协议的消息订阅与发布机制。支持百万级设备实时在线连接。数据管理：基于分布式时序数据库，提供百万级数据点实时数据高效读写，高压缩比低成本存储，具有高性能，低成本，稳定可靠的特点。平台的数据管理还兼容传统工业实时数据库的测点管理模式，提供全局的点位管理及在线的数据趋势查询与计算分析工具。并提供数据可视化服务，支持拖拽式自定义统计图表、仪表盘，快速配置报表。数据计算功能：数据计算是以数据点为核心，对采集和存储的数据点进行二次加工与处理，形成新的数据点。通过数据字段处理、窗口计算、函数计算等，平台将复杂的业务处理流程转换为流程化的计算过程，并提供基于内存的高速计算引擎。同时，平台支持扩展的实时计算引擎，支持 IT、OT 多源数据接入，多目标输出，基于实时流计算，实现接入、计算、调度、存储来满足工

业现场复杂、高效的数据处理需求，同时提供针对数据流的统计监控能力，保障数据的实时性和准确性。

AH IOT 为 DTOS 及 NovoVerse 的构建提供了坚实的数据基础。物理设备的实时数据通过 AH IOT 实现了数字化、智能化映射。通过 M-Engine 引擎基于属性、服务、事件、事件订阅构建物模型，提供设备及服务的数据访问与反向控制能力，并且对外提供 Restful API 的方式满足任意场景的调用需求。该功能实现对自动化过程和装备的监视和控制，即通过边缘接入的数据，将信息以图形化等更易于理解的方式进行显示，并提供多终端呈现，从而将重要的信息呈现给相关人员。

3.5.3 AH Fusion 大数据平台

混合云与大数据平台为企业智能制造在后端提供网络、存储、计算服务。通过搭建企业级大数据分析平台，打破传统各系统烟囱式的建设模式，实现跨专业、跨层级、跨主体、全过程的数据呈现、敏捷开发与能力嵌入，充分发挥数据的核心资产能力与价值能力，持续推动透明管控、科学运营和价值创造。

大数据平台 AH Fusion 以工业大数据的全生命周期为主线，从纵向维度可分为平台、工具域和应用、服务域。平台、工具域主要面向工业大数据采集、存储管理、分析等关键技术，提供多源、异构、高通量、强机理的工业大数据核心技术支撑；应用、服务域则基于平台域提供的技术支撑，面向研、产、供、销、服等多场景，通过数据可视化、应用开发等方式，满足用户应用和服务需求，形成业务价值。

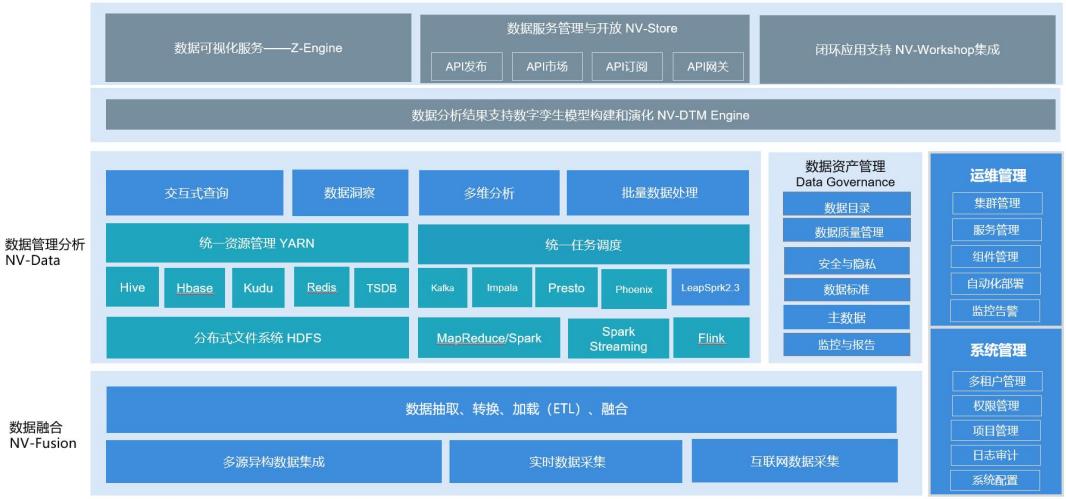


图 3-41 数据管理和融合平台技术架构

大数据平台 AH Fusion 技术架构层级具体划分如下：

数据集成层，包括时序数据采集与治理、结构化数据采集与治理和非结构化数据采集与实时处理。海量工业时序数据具有 7*24 小时持续发送，存在峰值和滞后等波动，质量问题突出等特点。需要构建前置性数据治理组件与高性能时序数据采集系统。而针对结构化与非结构化数据，需要构建同时兼顾可扩展性和处理性能的数据采集系统。数据采集层的数据源主要包括通过 抽取-转换-加载（Extract-Transform-Load, ETL） 方式同步的企业生产经营相关的业务数据、实时或批量采集的设备物联数据和从外部获取的第三方数据。

数据存储与管理层，包括大数据存储技术和管理功能。利用大数据分布式存储的技术，构建在性能和容量都能线性扩展的时序数据存储、结构化数据存储和非结构化数据存储等。基于以上存储技术并结合工业大数据在数据建模、资产沉淀、开放共享等方面的特殊需求，构建数据模型管理、数据质量管理、数据资产管理、数据安全管理和数据共享管理技术体系。

数据分析层，包括基础大数据计算技术和大数据分析服务功能，其中基础大数据计算技术包括并行计算技术、流计算技术和数据科学计算技术。在此之上构建完善的大数据分析服务功能来管理和调度工业大数据分析，通过数据建模、数据计算、数据分析形成知识积累，以实现工业大数据面向生产过程智能化、产品智能化、新业态新模式智能化、管理智能化以及服务智能化等领域的数据分析。大数据分析服务功能包括分析模型管理、可视化编排、分析作业管理、工业专用、通用算法库和分析服务发布。

数据服务层，利用工业大数据技术对外提供服务的功能层。包括数据访问服务和数据分析服务。其中数据访问服务对外提供大数据平台内所有原始数据、加工数据和分析结果数据的服务化访问接口和功能；数据分析服务对外提供大数据平台上积累的实时流处理模型、机理模型、统计模型和机器学习模型的服务化接口。数据服务层提供平台各类数据源与外界系统和应用程序的访问共享接口，其目标是实现工业大数据平台的各类原始、加工和分析结果数据与数据应用和外部系统的对接集成。

数据应用层，主要面向工业大数据的应用技术，包括数据可视化技术和数据应用开发技术。综合原始数据、加工数据和分析结果数据，通过可视化技术，将多来源、多层次、多维度数据以更为直观简洁的方式展示出来，易于用户理解分析，提高决策效率。综合利用微服务开发框架和移动应用开发工具等，基于工业大数据管理、分析技术快速实现工业大数据应用的开发与迭代，构建面向实际业务需求的，数据驱动的工业大数据应用，实现提质降本与增效。数据应用层通过生成可视化、告警、预测决策、控制等不同的应用，从而实现智能化设计、智能化生产、网络化协同制造、智能化服务和个性化定制等典型的智能制造模式，并将结果以规范化数据形式存储下来，最终构成从生产物联设备层级到控制系统层级、车间生产管理层级、企业经营层级、产业链上下游企业协同运营管理的持续优化闭环。

此外运维管理层也是工业大数据技术参考架构的重要组成，贯穿从数据采集到最终服务应用的全环节，为整个体系提供管理支撑和安全保障。

3.5.4 DataOps 数据治理

数据治理平台是基于 DataOps 理念+AI 大模型的大数据智能平台，将数据分析规划、开发和运营相关的端到端工作流程和流程统一到一个共同的框架中，实现数据统一管理、快速敏捷和提升开发协同效率，助力数据建设获得更高的质量数据和更智能的数据管理。

图 3-42 数据治理

(1) 平台核心理念

1) 基于 DataOps 理念

DataOps 是一种现代化的数据管理和运营方法，它通过采用敏捷开发方法和快速迭代来迅速响应业务需求。这种方法强调自动化数据管道和数据验证，以确保在整个数据处理过程中数据的高质量。此外，DataOps 通过创建统一的数据分析开发和运营框架，促进了不同团队之间的有效交流和紧密合作。这样的框架不仅提高了数据流转的效率，还加强了团队间协作，使得数据科学家、工程师和业务分析师可以更加无缝地协同工作，共同推动数据驱动的决策和业务成果的实现。

	传 统	DataOps
每个工程师每周可修改元数据数量	1	12
可视化报表发布周期	weeks / months	next day
一个数据工程师可支撑数据分析数量	0.5	12
自动测试	无	有
人员要求	任务类型DAG编排 逻辑高码，门槛高	无码化，门槛低

图 3-43 DataOps 对比传统数据开发的优势

2) 数智融合，打破数据和机器学习的鸿沟，实现数据价值最大化

下一代数据治理架构应当具备端到端的数据治理能力，适用于各种规模的数据环境，并通过主动元数据管理实现对数据的智能化管理和利用，从而实现数据资产的最大化价值。

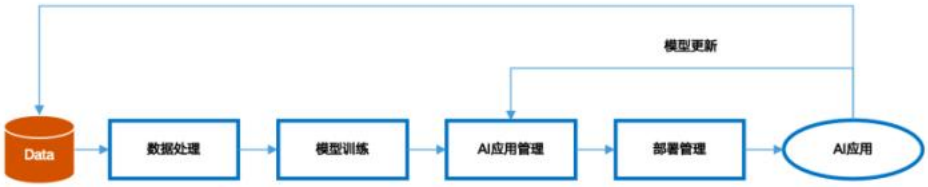


图 3-44 下一代数据治理架构

端到端数据治理是指对数据生命周期的全面管理，从数据的产生、收集、存储、处理、分析，到最终的使用和归档，覆盖了整个数据处理流程。这种全面性保证了数据的一致性、完整性和安全性，有助于提高数据资产的价值和可信度。

在大、中、小规模的数据环境中，端到端数据治理架构需要根据不同规模的数据量和复杂度进行灵活调整。对于大规模数据，可能需要分布式存储和处理技术，以及强大的数据分析和挖掘能力；而对于中、小规模数据，可以采用更轻量级的方案，但仍需保证数据的质量和安全。

主动元数据管理是指在数据治理过程中，系统能够主动收集、管理和利用元数据（数据的描述信息），而不仅仅是被动地等待元数据更新。通过主动元数据管理，系统可以自动识别和理解数据，包括其来源、结构、用途等信息，从而更好地支持数据治理的各个环节。

3) 业务驱动和敏捷数据治理，重塑传统数据产品开发过程，打造现代化数据产品生产线

业务驱动和敏捷数据治理是重塑传统数据产品开发过程的关键策略之一，旨在打造现代化的数据产品生产线。这一过程以业务需求为出发点，通过敏捷方法论，将数据治理纳入开发流程中，并采用 DataOps 和低代码技术，提高开发效率，实现数据产品的快速交付和持续优化。

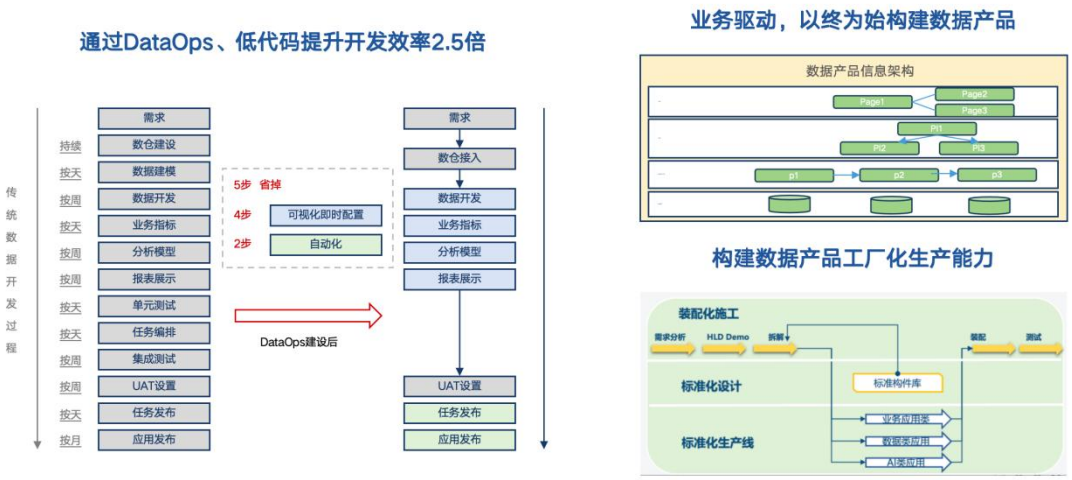


图 3-45 业务驱动的敏捷数据治理

在这个新的数据产品开发模式下，业务需求被放在首要位置，即以终为始构建数据产品。这意味着在开始开发之前，首先需要清晰地了解业务需求和目标，以确保开发出的数据产品能够有效解决实际业务问题，并为业务带来价值。

通过 DataOps 和低代码技术，开发团队能够以更快的速度和更高的质量开发数据产品。DataOps 将开发、运维和数据治理流程整合在一起，实现了持续集成和持续交付，从而加快了开发周期。低代码技术则降低了开发门槛，使非技术人员也能参与到数据产品的开发中来，进一步提升了开发效率。

同时，为了确保数据产品的质量和稳定性，需要构建数据产品工厂化生产能力。这包括制定统一的开发标准和流程，建立自动化的测试和部署机制，以及持续优化数据产品的性能和用户体验。通过工厂化生产能力，可以实现数据产品的持续交付，并确保其与业务需求的紧密匹配。

4) AI 使能数据治理和运营，实现数据治理自动化驾驶和企业运营决策智能化

将 AI 能力全面的融入数据治理与数据运营的每一个环节，提升数据处理效率，优化使用体验，提升数据质量，释放创新思维，目标降本增效，实现自动数据分析与决策自动化。

图 3-46 AI 使能数据治理

(2) 平台功能架构

平台包括基础服务、一体化数据运营、数据敏捷生成，以及应用层四个层级，共同构成了一个高效、灵活且用户友好的数智业务驾驶舱，支持企业在数据驱动的决策、自动化运营和敏捷开发等方面的需求：

- 基础服务：整个架构的基石，提供核心的基础设施支持。它包括统一元数据管理、统一安全策略、用户管理、数据源接入等基本功能。此外，基础服务层还涉及资源调度、多云适配、IoT 接入等，确保系统的可扩展性和灵活性。这些服务构成了支撑上层应用运行的稳固平台。
- 一体化数据运营：该层专注于数据的全生命周期管理，从数据规划、集成、开发到服务和目录管理。它通过 API 管理和数据概览，实现数据的集成和发布，同时确保数据的质量和安全。数据运营还包括数据的实时同步、任务编排和 API 管理，以及数据资产的管理和优化，形成一个闭环的数据运营管理体系。

- 数据敏捷生产：数据敏捷生产层强调快速响应业务需求，通过自动化数据处理、自动生成分析报告、原型设计等工具，提高数据应用的敏捷性。AskData 功能支持自然语言查询，简化了数据访问过程。此外，累类分析、相关性分析等高级分析工具，支持快速洞察数据背后的模式和趋势。
- 应用层：应用层是与最终用户直接交互的层面，包括数智业务驾驶舱、智能业务决策辅助、大屏指标看板等。这些应用利用基础服务层和数据运营层提供的能力，为用户提供直观的业务洞察和决策支持。应用层还可能包括设计城、协作城等工具，支持快速应用开发和团队协作。

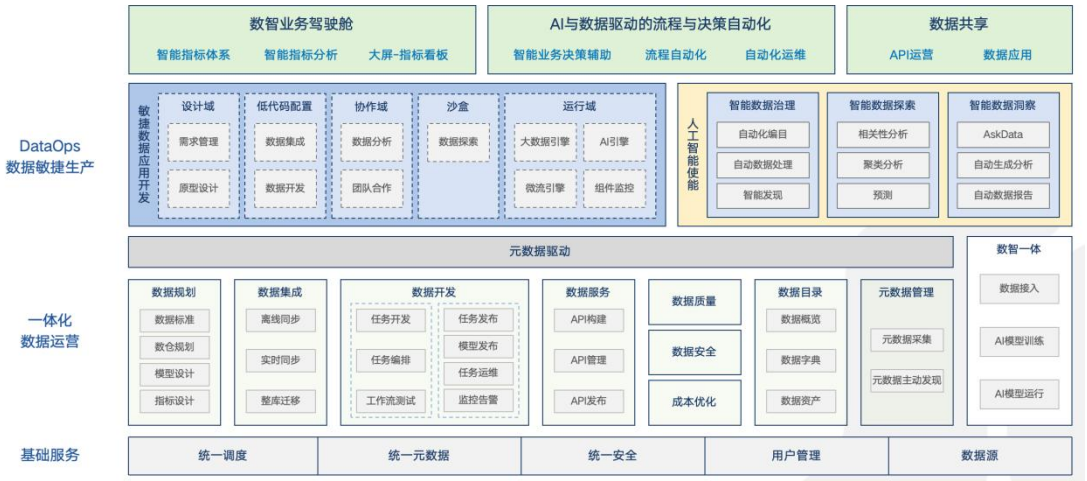


图 3-47 数据治理平台架构

(3) 技术优势

1) 极佳的 SQL 兼容性，便于业务人员使用

深度优化的 Spark SQL 解析引擎，率先通过 TPC-DS 99 条语句的全部测试，满足 OLAP 和 OLTP 等多类场景支撑，在大幅提升系统易用性的同时，显著降低应用迁移的难度和工作量。

2) 向导模式开发和交付式装配模式开发

支持规范定义、模型创建、多维立方体、多维分析的产品化能力和方法论，提升建模效率和数据价值。画布中通过交付式操作完成数据流开发，开发成果所见即所得，支持复用已有数据流资产，快速创建新的数据流。

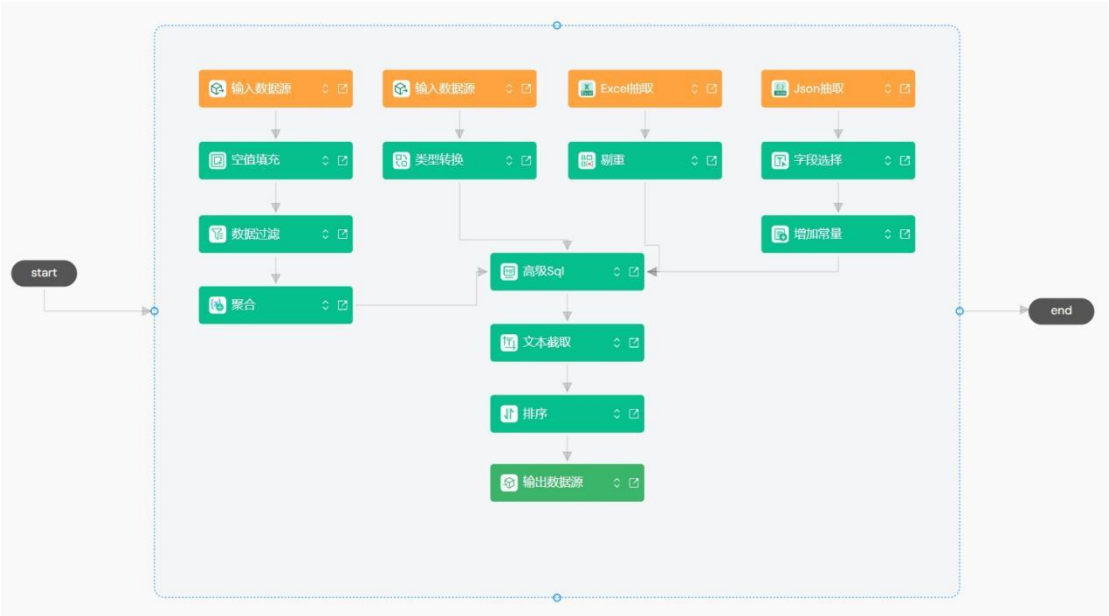


图 3-48 向导模式开发

3) 低码化数据开发

图形化工作流拖拽开发体验，满足从数据集成、数据交换、数据加工、数据分层、质量检测、定时调度、监控告警、智能运维到数据输出应用等开发全流程场景需求。降低开发人员的技能要求、避免代码质量不一致、提升数据开发的速度。

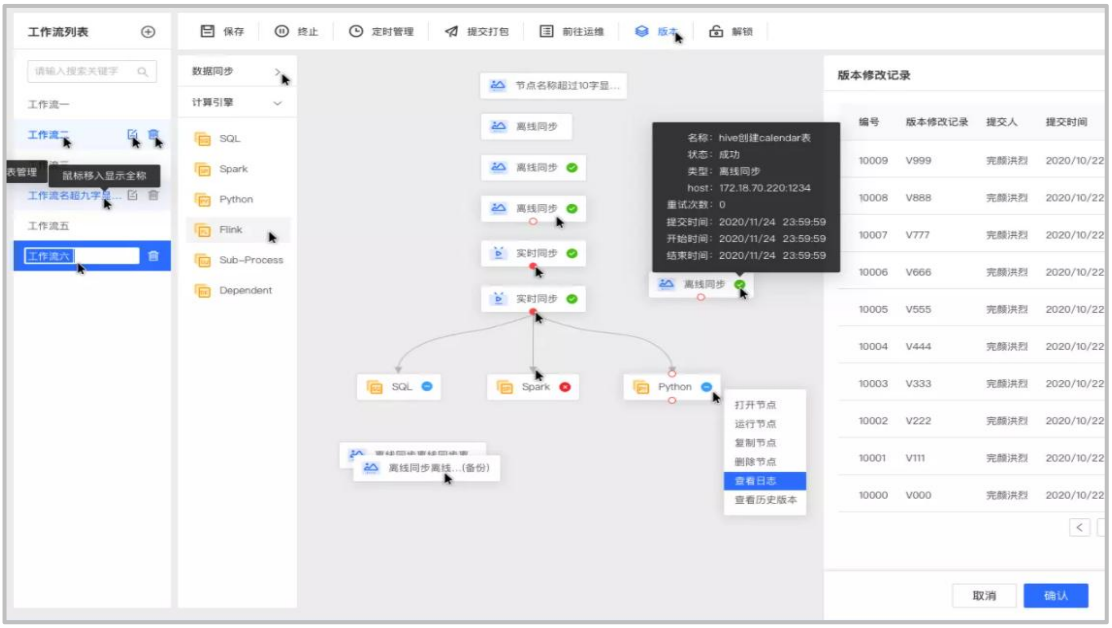


图 3-49 低代码数据开发

4) 支持应用行业领域模型和 LLM 大模型能力

平台 AI 能力可以结合行业领域模型和 LLM 大模型能力进行自动数据处理、脚本生成、自动调度与优化。

- 自动数据资产编目：相对传统人工进行海量数据整理成数据资产编目场景，增加 AI 能力后，实现快速对海量数据资产进行自动归类，效率提高数倍。
- 自助数据探索：是一种创新性的数据分析工具，内置 4 类业务分析（描述型分析、诊断型分析、预测型分析、what-if 分析）辅助用户能够充分挖掘数据，获取所需信息、发现潜在关系、给出关联、根因、预测等建议，提供数据深入洞察、挖掘和分析的全方位的支持。
- 智能数据洞察：提供自然语言问答式数据分析、自动生成分析故事线，以及自动数据报告等智能分析与处理。

平台使用大模型辅助后，人工投入降低 50%，交付周期缩短 60%，整体响应效率提升 2.5 倍，数据质量健康度提升 2 倍。

5) 全域数据整合能力，提供多种数据采集接口

自主研发，突破传统架构和性能瓶颈，提供二十多种数据接入适配能力；通过全图形化的灵活配置，可以实现多源异构数据的快速采集与集成。

6) 高可扩展性

高可扩展性体现在基础架构高可扩展和平台功能的高可扩展两个方面。通过在线增加集群节点数，线性提高系统的处理能力；插件式的开放架构设计便捷实现平台功能的快速扩展。

7) 一站式图形化的数据开发套件

提供强大的开发组件环境，提供丰富的图形化管理和开发界面，支持运行、调试、日志跟踪、结果预览等功能，极大地方便业务人员的使用。

8) 灵活的部署方式支持资源的高利用率

基于云原生的服务部署方式。提供了对即时编译（Just-In-Time Compilation，JIT）和运行前编译（Ahead-of-Time Compilation，AOT）编译的支持，能够将代码预先编译成本地机器代码，提高应用程序的运行速度。JDK1.8（也称为 Java SE 8 或 Java 8）上内存消耗 100M 的微服务，在 GraalVM（Universal GraalVM，Oracle 开源的一款通用虚拟机产品）中部署内存消耗可缩小到 35M，服务启动时间可由原来的 1000ms 缩短到 35ms。

可通过 GraalVM 将 Spark 的工作负载提高 10%-40%。单机性能测试（8C，32G，1000w 数据，并发数 10），响应时间由 2s 缩短到 800ms。

支持如 Java、JavaScript、Python、R、Ruby、C 等多语言开发的应用程序。

可以根据不同业务场景和数据体量，支持多种量级部署方式。

3.5.5 XHUB 数据资产管理

数字资产管理平台旨在帮助企业整合业务流程、应用功能以及数据资产，以提高运营效率和资产的价值利用率。平台为企业提供了一个全面的数字资产管理解决方案，帮助其优化业务流程，提高数据资产的价值利用率，实现数字化转型的目标。平台是企业数字化转型的重要工具，帮助企业实现业务流程的优化、数据资产的最大化利用以及信息化水平的提升。

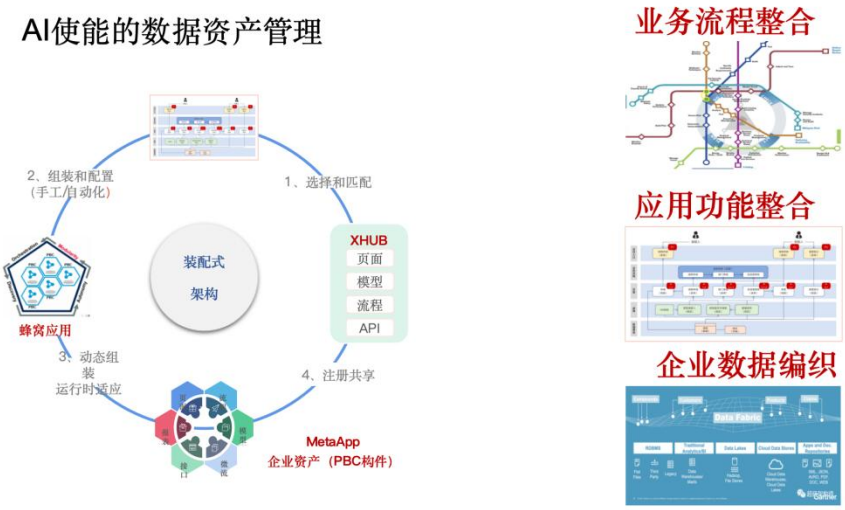


图 3-50 AI 使能的数据资产管理

(1) 平台主要功能

图 3-51 数据资产管理平台功能

1) 企业资产目录：

- 业务流程： 允许企业将其业务流程在平台上建模和管理，包括流程步骤、参与者、条件和触发器等信息。这使得企业能够全面了解其业务运作的细节和流程。

- 数据模型： 提供了数据模型管理功能，允许企业定义和维护数据模型，包括实体、属性、关系等，为数据管理和应用开发提供了基础。
- API： 允许企业管理和发布 API 接口，包括接口定义、权限控制、文档生成等功能，方便内部和外部系统与平台进行集成。
- XAPP 功能： 支持自定义扩展应用（XAPP），允许企业根据自身需求开发和部署特定功能的应用程序，扩展平台的功能和适应性。
- 算法： 提供了算法管理功能，允许企业管理和应用数据分析、机器学习等算法，以支持业务决策和智能化应用的开发。
- 全面的资产视图： 平台提供了全面的资产视图，包括各类资产的关系和依赖，帮助企业全面了解其资产结构和相互关系。

2) 资产端到端管理：

- 智能盘点： 平台实现了智能资产盘点功能，通过自动化流程和数据分析，发现并记录企业现有资产，避免重复建设和资源浪费。
- 生命周期管理： 平台提供了资产的端到端生命周期管理功能，包括创建、修改、审批、发布、下线等各个阶段的管理，确保资产的有效管理和利用。

3) 智能监控与运维：

- 高效的运维与运营： 平台提供了高效的运维和运营功能，包括流量控制、熔断、降级、鉴权等，确保资产的稳定性和可用性。
- 实时监控： 平台实现了对资产的实时监控，包括性能监控、异常检测、报警通知等功能，帮助企业及时发现和解决问题。

4) 资产的自动发现：

无侵入式自动发现：平台采用无侵入式的方式进行资产自动发现，通过扫描和分析企业的网络和系统，自动识别和记录各类资产信息，提高了资产管理的效率和准确性。

5) 自动形成企业资产知识图谱：

向量数据库支持：平台利用向量数据库技术，支持资产知识图谱的构建和查询，实现全景图可视化展示和深度查询功能，帮助企业深入理解资产之间的关联和价值链。

6) 可视化设计与自动编排：

- 图形化设计工具： 平台提供了图形化设计工具，支持用户通过拖拽和连接的方式，轻松创建和管理各类资产，包括业务流程、数据模型、API 等。
- 智能推荐功能： 平台根据用户的需求和资产关系，提供智能推荐功能，帮助用户快速找到最佳的资产配置和方案。

- 自动编排与数据映射： 平台支持自动编排和数据映射功能，根据用户的需求和数据关系，自动完成资产的布局和映射，提高了资产管理和应用开发的效率。

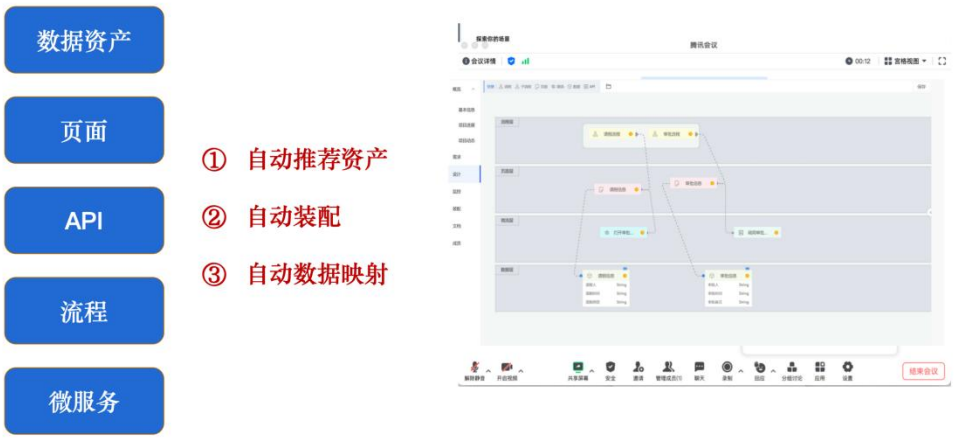


图 3-52 自动数据映射

(2) 平台亮点

1) 自动化资产管理： 这个平台通过自动发现、智能盘点和端到端生命周期管理等功能，实现了对企业数字资产的自动化管理。用户无需手动干预，即可对资产进行全面、高效地管理，大大提高了管理效率和准确性。

2) 智能监控与运维： 平台提供了高效的运维与运营功能，包括智能监控、流量控制、熔断、降级、鉴权等功能。这些功能可以根据实时数据和策略进行自动调整，保障系统的稳定性和可用性，减少了人工干预的需求。

3) 资产的快速复用： 平台通过智能推荐和可视化设计工具，实现了资产的快速复用。用户可以通过简单的操作，快速找到和利用已有的资产，避免了重复建设和资源浪费，提高了业务开发和创新的速度和效率。

4) 全景图知识图谱： 平台通过向量数据库支持模糊查询，实现了企业资产知识图谱的自动生成和可视化展示。这个全景图可以帮助企业深入理解其资产之间的关联和价值链，为业务决策和优化提供了重要参考。

5) 智能推荐和自动编排： 平台提供了智能推荐和自动编排功能，根据用户需求和资产关系，为用户推荐最佳实践和优化方案，并自动完成资产的布局和映射。这些功能大大降低了用户的学习成本和操作难度，提高了用户的工作效率和体验。

(3) 产品体系协同

平台在数字资产管理方面的优势体现在它与产品体系内其他平台（数字应用敏捷装配平台、数据敏捷装配平台）的协同作用上，实现了数据孤岛的打通和数字资产的再利用。

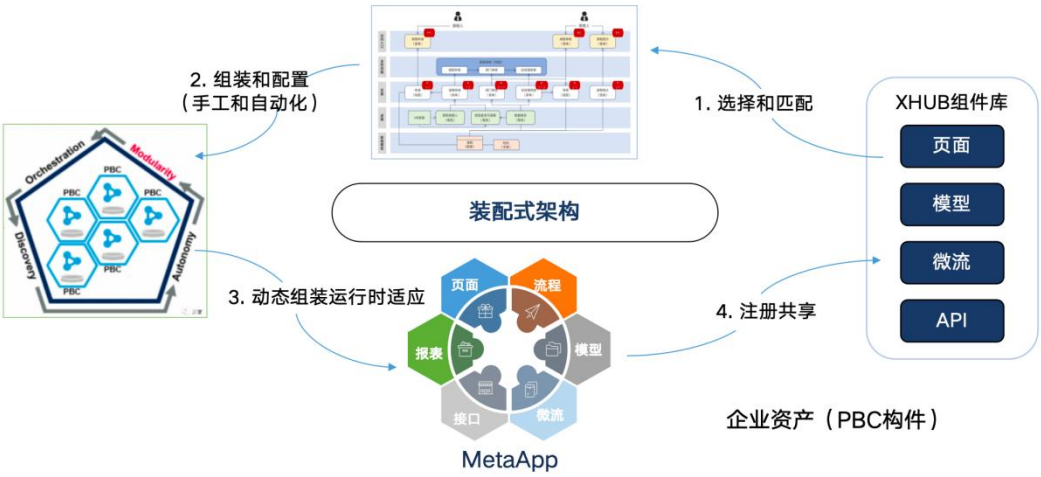


图 3-53 产品体系协同

具体来说，它们的协同有以下特点：

1) 装配式架构：参与协同的平台采用了装配式架构，加速了新应用的开发速度。这种架构使得应用的组件化和模块化，可以更快地组装和部署新的应用，提高了企业的业务敏捷性和响应速度。

2) 蜂窝应用：平台实现了蜂窝应用的概念，消除了应用孤岛与数据孤岛。这种架构将企业的应用和数据分割成小的、独立的单元，每个单元被称为一个“蜂窝”，它们之间可以相互连接和通信，实现了应用和数据的共享和互操作。

3) MetaAPP：数字应用敏捷装配平台（BizOps）提供了 MetaAPP 功能，用于承载企业资产（PBC 构件）。MetaAPP 是一个通用的应用容器，可以承载各种类型的企业资产，包括业务流程、数据模型、API 等。

4) 资产交换：XHUB 同时是一个数字资产交换平台，它提供了资产共享、交易和协作的功能，帮助企业将其数字资产开放出来，与其他企业或组织进行交换和共享，实现了数字资产的共享和复用。

第四章　人工智能+产业元宇宙解决方案和典型案例

4.1 人工智能+工业元宇宙

工业元宇宙应用场景大体可以分为工业产品全生命周期以及工业系统粒度两个维度(如下图所示）。从工业系统粒度上看，工业元宇宙可面向设备级应用、产线级应用、工厂级应用以及产业链级应用。 从工业产品全生命周期上看，工业元宇宙在研发阶段、生产阶段、供应链阶段、销售阶段以及服务阶段均发挥着至关重要的作用。

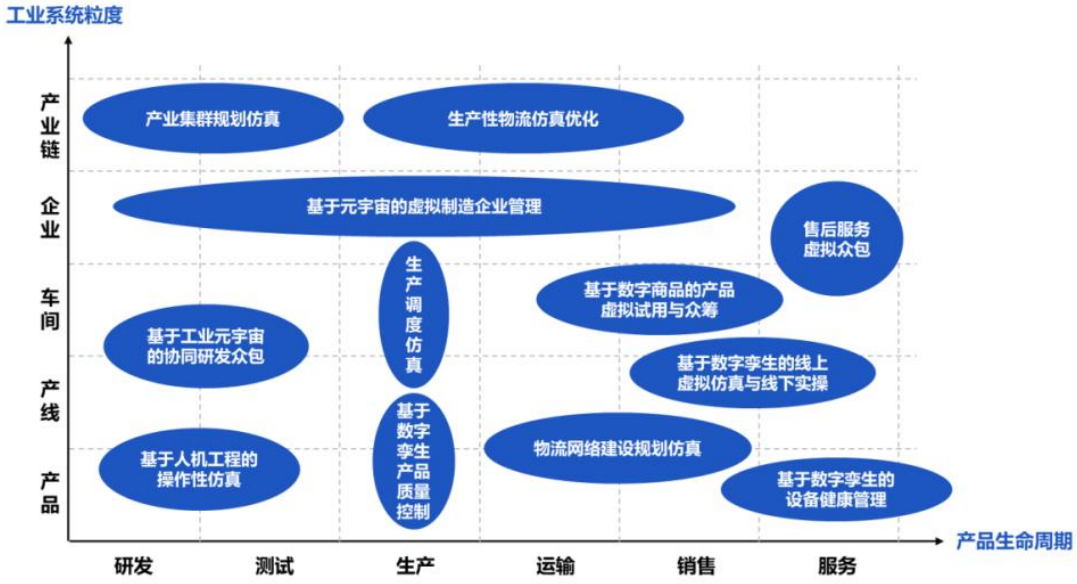


图 4-1 工业元宇宙应用场景【13】

4.1.1 工业流程各环节解决方案

1.研发设计环节

（1）元宇宙数字资产模型构建

数字资产模型包括几何模型、数据模型和机理模型，这几类模型深度融合，形成自组织、自演进的生命体。其中，元宇宙数字资产是推动工业元宇宙全价值链应用的基础和核心。

在工业制造行业，通过数字资产模型构建帮助工厂实现从概念设计到生产全过程数字化建设。设计师可以通过沉浸式体验技术对制造产品进行全方位的观察和交互，利用多模态仿真技术实现对产品性能进行预测和优化，从而提高设计效率和产品质量。同时，数字资产模型构建还可以帮助企业实现生产过程的数字化，通过模拟生产流程和优化生产计划，降低生产成本和减少资源浪费。

（2）实时 3D 动态渲染

融合 AR/VR 技术，提供沉浸式交互和数据驱动的实时 3D 动态渲染能力。涉及的范围比较广，包括对大规模 3D 模型的数据处理和渲染，实现复杂的视觉效果和高沉浸感的交互体验。实时 3D 动态渲染的核心是利用高性能计算、云计算和边缘计算等技术，对大量的 3D 模型数据进行处理、渲染和存储。

工业制造行业，通过实时 3D 动态渲染助力企业实现整个生产过程全生命周期的高可视化。通过将产线的三维模型数据通过相关接口集成到实时渲染系统中，在中控平台可直观地显示整个产线设备的生产状态，以监控生产过程，同时，过程中支持预测产线在生产过程中潜在的问题和风险，进而提高生产效率、降低成本、减少资源浪费，并实现更精准的质量控制。

（3）多模态仿真

多模态仿真的核心是融合了物理引擎、固态仿真、流体仿真、电磁仿真、多物理场耦合、复杂系统动力学建模、智能体仿真等多种技术的仿真能力，构建多模态仿真的模型和环境，对不同工业场景进行全方位的仿真和预测。

在工业制造行业，通过多模态仿真帮助企业实现从产品设计到生产制造的全过程仿真。设计师可以通过虚实融合技术对产品进行全方位的观察和交互，利用增强现实技术对产品性能进行测试和验证，利用人工智能技术对生产过程进行模拟和优化。这有助于提高设计效率和产品质量，减少生产成本和资源浪费。

（4）虚拟产品协同设计

传统的协同设计存在如下几个问题：（1）对于产品设计与工艺规划，设计周期长、错误率高；（2）身处异地、单机设计思维受限；（3）CAD 模型数据量大，模型打开、浏览、操作速度慢、流畅性差。为此，利用虚拟现实、增强现实、云计算等技术，可以实现设计团队在虚实融合的场景中进行实时的协同设计和评审，从而提高设计效率、缩短产品开发周期、降低开发成本。

工业场景中终端采用 PAD/手机/Windows PC 和 XR 眼镜客户端，支持跨地域、跨企业的设计师通过佩戴终端设备实时查看高精度 3D 模型，研讨过程可支持设计师对模型放大、缩小和旋转，实现对模型的查看和设计修改，修改和评审过程中 3D 模型（增量模型）经云渲染后的视频流，实时通过云渲染平台的云 XR 内容分发模块推流给所有接入的 XR 客户端进行同步观看和评审。

（5）众包式 UGC（User-Generated Content）产品设计

众包式产品设计 UGC——实现设计产品的数量激增，利用虚拟现实、增强现实、云计算等技术，实现大众参与、共享创造力的产品设计过程，通过拖拉拽快速实现产品设计，并进行模拟仿真，避免大量物理实验，提升设计效率。

众包式 UGC 产品设计的核心是利用虚拟现实和增强现实技术，将用户引入到虚拟环境中，实现大众参与的产品设计过程。设计师可以在虚拟环境中发布设计任务或设计征集赛吸引用户的设计参与度。用户可以通过虚拟现实设备进入虚拟环境，与设计师进行实时的沟通和协作，提出自己的想法和建议。这些用户生成的内容可以实时反馈给设计师，设计师可以根据用户的设计理念和整体反馈进行修改和优化。

（6）数据采集、集成和融合分析

基于工业互联网相关技术实现海量数据的实时采集。通过在设备、生产线和产品上布置传感器，实时监测温度、压力、位移等各种参数，支持将设备参数等数据传输到云端进行处理。同时，基于云计算和大数据技术，可以对采集的海量数据进行集成和融合分析。通过对不同来源、不同格式的数据进行统一管理和标准化处理，实现数据的整合和共享。

在数据采集、集成和融合分析的过程中，工业元宇宙还提供了沉浸式的体验和交互方式。利用虚拟现实和增强现实技术，提高用户了解工业制造过程中各种参数和状态的直观效果，支持与现场进行实时交互。进而提高工作效率和准确性，减少人工干预和错误率。

（7）AIGC 驱动的模型生成

AIGC 驱动的模型生成可以通过机器学习算法对工业制造行业生产过程中的历史数据进行训练和学习，从而得到生产过程的规律和趋势。并支持基于这些规律和趋势，AIGC 可以驱动海量生产线模型生成、场景生成，如设备维护模型、生产计划模型、质量控制模型等。这些模型可以根据实际情况进行自动调整和优化，从而适应不同的生产环境和需求。

同时，AIGC 驱动的模型生成还可以利用深度学习技术对产品设计进行自动优化。通过对产品设计参数进行自动调整和优化，可以得到更加符合市场需求和用户期望的产品设计方案，进而大大提高产品设计的效率和准确性，减少设计成本和时间。

2.生产环节

（1）人员

1） 人员技能画像

人员技能的评价对于提升生产效率和产品质量具有至关重要的作用。通过数字孪生技术建立虚拟仿真环境、对现场人员技能数据（包括操作者对质量的认识、技术熟练程度等）进行采集、采集的数据通过可视化技术呈现给评价人员、基于数据分析技术对人员的技能进行量化评价、评价的结果反馈给相关人员，让产线员工了解自己的技能水平以找到提升方向，实现可视、量化评价人员技能的目的。

2） 智能派工

数字化派工和人员定岗是一项重要的应用，具体需要工厂/园区建立数字化派工系统，将实际生产过程中的各类数据录入系统，建立全面、准确的数据库；通过数字化派工系统的大数据分析技术对录入的数据深入分析，实现自动派工或半自动派工；然后将人员信息和岗位需求进行匹配，系统自动或半自动地生成派工方案（方案包括员工的姓名、工号、岗位名称、工作内容、工作时长等信息）；基于数字化派工的结果，企业可以实现更加精准的人员定岗。数字化系统派工完成后可以实现对派工情况的实时监控和调整。

3） 人员防错

在工业制造行业，园区/产线对人员防串岗、防错配和行为全监控是非常有必要的。通过在工厂/园区建立数字化监控系统，将实际生产过程中的数据录入系统，建立全面、准确的数据库，实现对防串岗、防错配和行为全监控。

通过数字化监控系统，实时监控人员的工作地点和工作内容，确保人员没有串岗或者从事错误的工作任务；通过视频监控技术，实时获取生产现场的人员行为数据（包括操作步骤、操作时间、操作质量等）；园区/产线评价人员基于数字化监控系统采集的数据对人员行为进行评价，并通过数据分析技术对数据进行深入挖掘和分析，以达到优化生产过程和提高产品质量的目的。

4） 人员绩效

基于行为量化实现绩效管理实现更加全面、客观的人员绩效评估和管理，进而提高生产效率和质量。通过建立数字化绩效管理系统，将实际生产过程中的数据录入系统，建立全面、准确的数据库；系统采集人员行为数据（包括操作步骤、操作时间、操作质量等），并支持对采集到的行为数据进行量化和分析，得出人员的行为特征和表现结果，评出员工的行为特征和表现绩效；基于系统设定的激励与奖惩机制对员工的行为表现进行嘉奖和惩处。这不仅可以提高企业的生产效率和质量水平，还可以帮助企业更好地管理和利用人力资源。

5） 生涯规划

在工业元宇宙的环境中，构建虚拟的员工生涯规划室，实现对员工的档案、培训、转岗、流动的管理。其中，员工生涯规划中的培训环节通过虚拟现实、混合现实和增强现实的各类应用模拟各类复杂环境，呈现设备内部构造，实现重复观察设备操作过程，支持重复使用耗材实践，达到现实场景中达不到的训练效果，同时在培训过程中系统能全程记录操作过程并给出评价，实现教考评一体，提升培训效率。

6） 智能招聘

工业领域对于智能招聘的需求比较大，旨在通过数字化技术，实现更精准、更高效的人员招聘和管理，进而提高生产效率和质量。通过如下几个关键步骤实现智能招聘：建立数字化招聘系统——分析招聘需求——筛选候选人——面试与评估——招聘决策与录用通知——入职培训与

跟踪。基于此实现工业元宇宙中生产环节的智能招聘，在一定的程度上可提高企业的招聘效率和质量，进而帮助企业更好地管理和利用人力资源。

（2）机器

1）全量数据获取

生产环节涉及的设备数据复杂多样，包括各种传感器、机器、生产线等产生的海量多源异构数据。为了有效利用这些数据，需要进行数据 ETL 工作，将数据从原始格式转化为统一的格式，便于后续的数据分析和利用。以下是实现海量多源异构设备全量数据 ETL 获取的几个关键步骤：数据采集——数据传输——数据转换——数据存储——数据监控和管理——数据服务和应用。基于以上几个关键步骤以提高厂区/车间数据处理效率和质量，实现将数据转化为有价值的信息和知识，为工业生产提供强有力的支持。

2）设备数字孪生

设备/产品运行建模和数据建模是实现生产环节优化和提升的关键步骤。通过建立模型，可以对设备/产品的运行状态进行仿真和预测，进一步优化其性能和效率。以下是实现设备/产品运行建模和数据建模，以及运行状态仿真的几个关键步骤：设备/产品运行建模——数据建模——运行状态仿真——数据分析和优化——实时监控和预警——可视化和交互，进而提高设备/产品的性能和效率，可以帮助企业更好地管理和利用资源，进一步优化生产过程。

3）状态监测&故障诊断

异常监控、报警、故障判定和故障根因分析是生产环节中的重要环节。通过实时监控设备或生产线的运行状态，可及时发现异常情况，进行报警和故障判定，分析故障根因，以便采取相应的措施进行修复和预防。通过异常监控——报警和故障判定——故障根因分析——修复和预防措施——数据记录与分析的流程对工厂/园区设备状态进行监测与故障诊断，进而提高生产效率和产品质量，降低维修成本和减少停机时间，为企业创造更大的价值。

4）生产运维管理

在工业元宇宙的典型应用场景中，生产运维管理是至关重要的环节，主要包括台账管理、运维决策、远程运维、系统自愈、运维周期优化等多个功能。通过数据分析和预测技术，实现对设备状况和生产需求的预测和评估，进而提高设备的可靠性和使用寿命，降低运维成本，减少停机时间，提高运维的智能化水平，减少人工干预和错误判断，提高生产过程的可靠性和稳定性。

5）健康度量

生产环节涉及设备可靠性和劣化趋势评价、剩余寿命预测以及设备健康度画像等功能实现更准确地评价设备的可靠性和劣化趋势，实现利用先进的机器学习和人工智能技术对数据进行处理和分析；同时，通过对设备的运行数据进行深度挖掘和分析，提取出与设备劣化相关的特征参数，

并利用这些参数构建预测模型，运维人员根据预测结果或设备健康度画像来制定相应的维护计划和策略，确保设备的正常运行和延长其使用寿命，进而提高运维的智能化水平，实现更精准的设备管理和维护。

6）预测健康管理（Predictive Health Management, PHM）

PHM 是一种综合性的技术，涵盖设备分级分类、产线设备预测性维护；产品全生命周期管理、远程运维及自愈合诊断等多个方面。通过数据收集与处理——特征提取与建模——故障预测与识别——健康状态监测与评估——维护策略制定与实施——持续改进与优化的流程提高运维的智能化水平，减少人工干预和错误判断，提高生产过程的可靠性和稳定性

（3）材料

1）多系统集成优化

为实现生产、仓储、运输管理多终端信息优化集成，通过工厂/园区建立统一的信息平台，将生产、仓储和运输等部门的数据和信息进行集中管理和整合；然后，通过跨部门的信息共享，及时了解其他部门的需求，协调资源分配和生产计划；合理地规划和管理信息流，促进信息的流通和共享，提高生产协同的效率；同时，考虑到不同终端的需求和特点要进行多终端适配和集成；对不同终端收集到的信息进行数据挖掘和分析实现对多系统集成效果进行不断地优化和改进。

2）全要素全程跟踪

全要素全程跟踪涉及从原料采购到产品送达全过程流体、载体、流程、流向、流量全监控，通过实时监控和数据分析，可以及时发现潜在问题和异常情况，并采取相应的措施进行调整和优化，同时为了更好地实现全监控，需要对收集到的数据进行处理和分析，提高生产的智能化水平，减少人工干预和错误判断。

3）虚实融合路径优化

在工厂/园区实现虚实融合的路径优化主要包括分拣策略、线路负载、配送路径的实时仿真计算与优化，通过在厂区/园区建立仿真模型，并实时采集设备运行数据、仓库库存等数据，基于优化算法实现对厂区的动态调整分拣策略。在一定的程度上提高生产效率和厂区的智能化水平，减少人工干预和错误判断，降低成本，确保生产过程的可靠性和稳定性。

4）转运过程防呆管理

在生产环节为保证生产安全和效率，实现在原料、在制件、工具、制成品防磕碰、防错配、防偷盗进行监测与防控，通过碰撞监测与预警、防错配技术、数据分析与预测、智能调度与协同、人员培训与意识提升等多个方面实现对转运过程进行防呆管理，以保障生产的安全性和效率性，降低生产成本和风险。

（4）方法

1）数字孪生基础支撑

在生产环节为满足 SDM（Security Device Manager）、MBD（Model Based Definition）数据应用精准度及时效性，需要对产线进行全域、全生命周期、全类型数据 ETL。通过统一数据标准、数据清洗、数据校验与修正等多个过程实现对数据精准度的提升；基于实时数据采集、数据传输优化、数据存储与处理优化实现增强数据的时效性；为实现全域数据的集成，以打通信息孤岛、连接各类系统；通过数据存储与管理、数据挖掘与利用实现对产线全生命周期数据的分析，以上有助于提高生产效率、降低成本、优化资源配置以及提升产品质量等方面的决策能力。

2）生产信息实时传递

排产调度计划、工艺文件的端-云双向实时传递是实现高效、精准和实时的生产管理的重要部分。排产调度计划涉及各个生产任务的时间安排、资源分配和优先级设置等，通过工业元宇宙相关技术实现排产调度计划进行数字化和智能化管理；工艺文件包含了各个生产环节的具体操作步骤、技术要求和注意事项等，排产调度计划和工艺文件的端-云双向实时传递，可以实现生产环节的高效协同和实时优化，进而提高生产效率，降低生产成本，还可以提高产品质量和减少生产事故的发生。

3）工艺过程实时监控

对产线工艺过程实时监控、防错、报警、异常实时上报，实现对生产过程的全面监控和智能化管理，实现提高产线生产效率、降低成本、保障产品质量和提升生产安全性。利用物联网技术和传感器等设备对生产现场的数据进行实时采集和监控，实现对工艺生产流程的实时监控；同时基于智能化技术和数据分析方法，对生产过程中的错误进行预防和纠正；建立完善的报警和异常上报机制，对生产过程中的异常情况进行及时响应和处理。在一定的程度上可以加强对产线数据的隐私保护和安全管理，确保数据的准确性和安全性。

（5）环境

1）环境数据采集

生产环节中环境数据包括温度、湿度、压力、流量等，而对环境、能耗数据的全量采集与异构数据融合实现对生产过程的全面监控和智能化管理。通过数据融合技术，可以将不同来源的数据进行整合和统一处理，消除数据之间的差异和矛盾，提高数据的准确性和可靠性。

2）生产环境监测

生产环境的监测主要包括生产工况/能耗实时监测、异常上报、常见环境异常自适应补偿控制等。通过物联网技术和各种传感器，实时监测生产设备的运行状态、工艺参数以及能耗数据，同时，基于生产环境监测系统将检测到的异常数据上传分析处理，确保异常情况得到及时处理，

并支持基于人工智能和机器学习算法对生产环境监测进行自适应补偿控制，确保生产过程的稳定、高效和安全。

3）环境、能耗预测性管理

在环境、能耗预测性管理中，基于跨域协同的工况、环境、能耗预测及边缘自决策技术，可以实现生产过程的优化和能源的高效利用。通过人工智能和大数据技术对生产过程中的工况、环境、能耗等数据进行全面采集和分析；基于机器学习和数据挖掘技术，支持对未来的环境和能耗数据进行预测；通过边缘计算和自决策技术，可以将一部分计算和控制任务转移到边缘设备上，实现实时响应和快速控制，有助于提高生产效率、降低成本、保障产品质量和提升生产安全性。

（6）测量

1）质量文件实时获取

通过实时访问企业级 OT 系统，并将质量文件实时下达至边缘，以确保生产过程中的质量控制和一致性。企业级 OT 系统包含了大量的质量文件，如质量标准、检验规程、工艺参数等，利用物联网和云计算等技术，实现对企业级 OT 系统的实时访问和共享，同时，结合元宇宙的边缘计算技术，可以将质量文件实时下达至边缘设备，实现质量的实时监控和控制，这将为企业带来更大的竞争优势和经济效益，同时也为推动工业 4.0 和智能制造的发展作出贡献。

2）质量数据采集

为确保生产环节产品质量和生产效率，通过质保工具、日志和检测数据的实时采集与分析，实现对生产过程的全面监控和优化。在工业元宇宙平台中，将质保工具与传感器和设备进行连接，实现对产品质量的实时监测和数据采集；同时，再将生产设备与元宇宙平台连接，实时采集设备的运行日志，采集的数据通过监测数据平台实时监测设备生产运行状态，进而实现对生产过程和产品质量的全面监控和优化。

3）质保过程监控

生产环节的质保过程监控可进一步确保产品质量和生产效率，通过全要素监控、防错技术应用、实时异常上报和边缘协同分析与自决策等手段，实现全面的质量管理和控制。基于各类传感器和监控采集实时数据，结合工业元宇宙关键技术对数据进行分析处理，实现对产线运作过程的实时响应和快速控制，在一定的程度上提高生产效率、降低成本、提升产品质量和客户满意度，为企业在激烈的市场竞争中取得优势地位

4）生产现场 PDCA（Plan-Do-Check-Act）

生产环节的生产现场 PDCA 是指通过 IT-OT 协同分析，实现 TQM（Total Quality Management）和 PDCA 控制全覆盖的过程。PDCA 是一种循环的质量管理方法，通过不断迭代和改进，实现产品质量和生产效率的持续提升。

（7）能耗

精准的能耗分析，可以有效地降低生产成本、提高能源利用效率、减少环境污染，能耗分析也是实现双碳目标（碳达峰、碳中和）的关键环节之一。通过采集与能耗相关的各种数据（包括电力、燃气、蒸汽等能源使用数据，以及设备运行数据、工艺参数等），实时监测各生产环节的能耗和碳排放情况;利用机器视觉算法或大数据分析等技术,识别出潜在的能耗瓶颈和碳排放源;建立碳排放核算体系，对生产过程中的碳排放量进行精确计算；分析能耗与碳排放之间的关联关系，找出影响碳排放的关键因素；根据能耗和碳排放分析结果，提出针对性的优化建议和改进措施。通过精准的能耗分析和碳排放核算，可以有效地降低生产过程中的碳排放量，为实现双碳目标作出积极贡献。

3.供应链环节

在供应链阶段，工业元宇宙将企业信息数字化和物理世界中的企业经营结合起来，贯穿产品供应全价值链，以虚拟企业的方式构建多产品体系、跨地域、跨组织的多方互动的开放式协同与管理平台。供应链优化的重点在于仓储物流体系的建设，工业元宇宙利用相关技术实现物流全过程自动感知识别以及各环节信息系统的交互集成，以生成精确的调度配置方案，提高整个供应链体系的效率。

（1）运营管理

1）供应链控制塔

供应链智能控制塔是供应链运作的指挥中心。控制塔提供全方位视角，打通端到端的数据链接，能更全面地从客户、区域、运输、物料、产品，工厂等不同维度来审视供应链的业务问题和改进点。

2）供应链体系压力模拟测试和实时优化

建立供应链风险因子评估模型，并通过仿真技术模拟制造企业供应链体系受人为事件等干扰后一段时间内的运行效果，以测算上游供应部分中断后企业经营情况的变化，通过优化算法提供对供应链的优化决策指导。

（2）订单管理

1）订单可视化

整合订单相关数据，产生一个订单执行的统一视图，从订单执行到仓库出库、运输全流程，都可在该订单状态中一览无余。同时实时了解全流程各个操作节点的时效及节点操作人员，以便跟踪订单执行并及时发现延误可能。

2）订单自动化

订单自动化主要包括订单自动录入和订单自助履约，通过自动录入功能实现邮件等订单的自定义维护以及光学字符识别（Optical Character Recognition, OCR）/机器人流程自动化（Robotic Process Automation,RPA ）数据自提取；通过订单自动履约端到端集成从销售到供应链到制造工厂的订单修改管理，实现不同区域、供应链 ERP 系统、自有工厂、原始设计制造商（Original Design Manufacturer，ODM）的订单修改的自动化管理，缩短订单履约周期。

3）订单自主纠错

在订单流转过程中，以及由系统层面的异常导致的订单履约延迟时，能够对错误原因进行可视化呈现；能够通过机器学习部分替代人做出错误修正；能够通过数据统计和分析，指导后续流程设计。

（3）计划排产

1）整合计划

统筹需求履行、工厂制造、缺料管理、出货控制四大计划系统，制定订单交付优先级的统一政策（例如：给出承诺的订单享有较高优先级；且当较高优先级的订单能够满足交货需求且无生产单时，将物料和产能释放到较低优先级订单，保证产能充分被利用）；同步出货计划及产能，统一计划与执行，精准预测出货日期，突破计划工作瓶颈 。

2）智能排程

通过多重自动化流程实现对客户需求的实时响应，提高产品规格文档（Product Specifications Document, PSD）精准度；通过大量数据共享共用，促进各个计划有效协同，互为参照，及时调整；通过机器学习等先进算法最优化调整生产参数，根据需要调整排程并为用户建立可视化分析。

3）智能预测

通过对根据产品的历史订单、库存、市场趋势以及产品的分类属性等数据进行分析，识别和确定影响需求走势的关键因子（比如季节性、节假日因素，产品换代规律），在此基础上采用多种机器学习算法拟合，最后将多个模型输出的预测融合作为需求预测自动输出。

（4）采购管理

1） 智能物料采购

基于重大市场营销活动产品的销售历史数据、实时数据、渠道 Forecast、产品产能等数据进行综合分析以及数字模型的仿推真演，智能预测物料及产品需求，实现的采购模式最优化。

2） 供应链协同

集成供应商内部高粒度数据，包括生产数据、工单、流水号及条形码信息。实现每日更新关键部件的端到端库存数据，保证关键物料不会丢失；基于系统的假设分析模拟工具，对各种业务场景中的问题进行预分析和预警，对结果进行实时分析并提出最佳执行方法。

3） 采购计划协同

首先是计划发布协同，供应部门定期向供应商发布最新的预测需求；其次是供应数据协同，供应商定期反馈未来一段时间内的供应状况、物料到货计划以及库存积压情况，将采购计划协同实时应用到生产计划以及订单交付中，从而缩短预测周期，增加公司利润机会。

4）采购执行

从研发、预测、订单到物流、库存、质量、出货、售后信息全面协同协作。从数据传输，业务数据，比对结果差异到异常实时跟踪，实现不同层次的可视化，提升透明度。全流程实现信息多维度、精细化共享、业务数据实时传递，实现供应与生产的高度配合，提高企业与供应商的作业效率。

（5）仓储物流

1） 智能云仓

指依托物联网、人工智能等技术，打造入仓、仓储、分拣到发货及售后等智能化仓库全作业环节，实现企业内部仓储物流移动化、透明化，建立安全共享的云仓新业务模式，整合合作伙伴需求，协同采购，发挥规模采购优势。

2） 统仓共配解决方案

整合各大快递品牌，将物流快递件集中到一处，再进行配送。通过各大快递品牌的整合，实现车辆、人力、场地的优化，缩小快递员的派送区域，提高派送密度，把单一包裹派送转变为多品牌包裹配送，从而实现 1+1>2 的配送能力升级。

3） 仓储智能路径规划

智能仓储路径规划是指在仓储操作过程中，通过智能化算法计算最佳路径，使物品快速、准确地到达目标位置，并实现仓库空间的最佳利用。例如，电商仓储系统采用 RFID 技术和视觉识别技术，实现了智能化的商品管理和快速配送，通过路径规划算法，可以将相同商品集中存储在同一储位，从而提高仓库空间利用率和操作效率。

4） 货物入库自动绑定无感化

通过搬运叉车将待搬运货架送至 RFID（Radio Frequency Identification）扫描区进行扫描，RFID 扫描区自动采集待入库产品条码，扫描后在入库单中自动识别出该产品的编码、名称、规格型号和数量，自动记录入库的时间并生成产品的入库单更新库存信息。

5） 智能物流网络规划选址

通过多维度数据的智能整合（供应链物流网络流量和流向，备选城市或地区的位置，库房运营成本，地区经济和人力状况，气候特点，交通情况，以及供应商物流网络的匹配程度等数据），

构建高效实用的 RPA（Robotic Process Automation）工作流，支持“虚拟”方案场景仿真，结合模型推荐的分析结果，帮助确定最优选址方案。

6） 智能城配路径规划

基于数据挖掘和策略学习的路径优化 AI 解决方案，实现优化的运单分配，高效地调度司机和车辆；通过建设由高速运算能力支持的 What-if 决策和先进仿真模块支撑的实时业务监控和 KPI 评估平台，实现对业务的智能优化，达成成本的节约和客户体验的提升。

4.销售环节

（1）虚拟推广营销

数字商品、虚拟互动、虚拟人导游，将产品的图文、平面视频、全景视频、三维模型在 PC、移动、VR 设备等多端展示和可视化交互，支撑按照需求设置不同风格的虚拟场地，打造极致逼真的沉浸感，提升品牌传播速度。

（2）虚拟展会

通过虚拟展览对现实展会进行 1:1 还原，支持参观者的展厅随意漫游，也可按照特定路线进行浏览，提供展品的沉浸式观感和智能讲解服务。此外，还能基于大数据分析能力，帮助参展商与客商进行交易配对，提供交易支持和服务。

（3）数字人营销

虚拟数字人的应用场景包括电商直播、虚拟偶像以及品牌营销等，主要分为服务型数字人以及偶像型数字人两类。服务型虚拟人包括智能客服、语音机器人、虚拟助手等。偶像型虚拟人以虚拟主播、品牌代言人、潮流体验官等身份为主，应用在广告杂志拍摄、综艺节目、品牌宣传内容发布等领域。

（4）MR 用户虚拟体验

MR 用户虚拟仿真体验包括虚拟试衣、虚拟试妆等。借助计算机信息处理与图形学技术，对用户体态信息进行扫描处理并生成三维人体模型，为虚拟模型穿上服装产品以达到虚拟试穿的效果；通过计算机视觉技术识别用户脸部特征，通过图像处理以及 AI 实时地将化妆品效果叠加到用户面部，达到虚拟试妆效果。

（5）UGC 个性化定制

通过人工智能机器算法推荐，把实际内容生产任务进行下放，允许用户进行自主的个性化定制内容生产。通过 UGC 进行产品运营，引导用户自发产出合适的内容，微博、朋友圈、知乎、贴吧、论坛等产品都属于常见的 UGC（用户生成内容）平台。

5.服务环节

（1）AR/VR 虚拟培训

通过 AR/VR 技术实现虚拟培训，首先，为入职员工进行安全培训，在 VR 和 AR 漫游中，让员工了解危险源的位置、影响范围、绿色通道、发生安全事故时的应急措施、逃生路线等；对生产及运维人员进行设备使用/维修培训，通过电子说明书、爆炸图等技术沉浸式直观体验设备的使用方法、拆解与维修手段等。

（2）远程专家指导

对一线运维人员建立音视频通话，进行远程专家指导。专家通过圈点标注等形式直接发送到一线 AR 眼镜端，便于运维人员理解故障原因，使运维人员快捷、高效地完成运维任务。

（3）AI 故障诊断与识别

通过构建人工智能数据驱动的设备健康监测模型，从大数据中提取物理模型中无法获取的隐藏故障特征，评估设备的健康状态；通过人工智能深度学习进行声纹、计算机视觉（Computer Vision, CV)等识别，对设备异常进行云端智能诊断服务，提供故障信息参考，辅助维修技师对可能存在的故障进行判断。

（4）智能维修

通过知识图谱、远传 AR 和 AIGC 技术，自动实现故障识别和根因分析定位，通过人机交互接口智能化地响应运维人员的查询，反馈精准的故障辅助信息，如故障设备型号、处理步骤等，提升故障处理及维修效率。

（5）智能客户服务中心

通过文本或语音驱动数字人，完成客户的问答及咨询服务，7*24 小时全天候在线，秒级响应客户咨询，还原面对面真实会话场景，为访客提供沉浸式的咨询体验。

4.1.2 工业系统各层级解决方案

1. 设备级

（1）设备状态监测

通过各种传感器、数据采集技术和分析工具对设备的工作状态、运行参数、健康状况进行实时监测和分析，以实现设备的预测性维护、优化运行和可靠性评估等目标。进而实现对生产设备的实时监测和控制，根据设备的运行状态优化工艺参数，提升设备综合效率（Overall Equipment Efficiency, OEE)。

（2）关键设备实时仿真

根据设备实时数据和机理模型，通过数字孪生技术对关键设备进行实时动态仿真，并对仿真特定参数和环境下的工况和设备 OEE 等指标实时监控、故障预测和优化运行，并保持持续优化。

（3）实时故障诊断

通过数字孪生技术对设备进行实时监控和故障诊断，以实现设备的预测性维护、优化运行和可靠性评估，同时对于在异常监控、报警、故障判定、故障根因分析过程中，及时制定合理的检修计划和备件更换计划，确保设备的正常运行和减少停机时间，提高设备的可靠性和使用寿命，降低企业的运营成本和风险。

（4）智能巡检

基于移动式智能巡检机器人、集控中台和大数据分析系统，实现数据采集、存储、处理、多维度趋势分析到数据应用的一站式巡检运维数据服务。在自动化装配车间，配件的安装分为不同工序由多个机械臂和自动化仪器独立完成，不需要人工干预，但需要管理员定期对各装配工位机械设备运行情况进行检查，通过 AR 智慧巡检实现日常产线的巡检作业。

（5）AR 远程协作

基于 AR 和音视频技术，面向设备运维、远程目击和售后服务等场景，让远程专家突破地域限制，如临现场，即时传递专家智慧到现场、提高排故效率，减少协作成本。同时，通过协作数据的积累和智能分析，形成专家知识库，使协作更加智能化。例如：操作员使用 AR/MR 眼镜，研发专家远程使用 PC，遇到故障求助专家，双方登录 AR 远程专家指导应用，发起呼叫工人和专家组建会议，工人眼镜端第一视频传给专家，专家沉浸式对现场作业工人进行指导。

（6）设备运维管理

通过数字孪生模型实现对产线/园区日常生产过程中进行智能化台账管理、运维决策、远程运维、系统自愈、运维周期优化，同时实现自动生成保养计划，定期设备点检，计划工单下发。实现提高设备的可靠性和使用寿命，提高维护工作的效率和准确性，降低企业的运营成本和风险，减少现场维护的工作量和成本的目的。

（7）设备健康度量

通过设备数字孪生模型以实时监控产线设备的运行状态和性能指标，实现在可靠性、劣化趋势评价、剩余寿命预测、设备健康度画像等进行评估，帮助企业更好地了解产线设备的状况、预测设备的寿命和性能，并支持制定更加科学合理的维护策略和决策支持，实现资源节约型和环境友好型的智能制造。

（8）设备预测性维护

通过大数据建模、计算和分析等技术对设备进行预测性维护，以实现设备的预测性故障预警、减少因大规模停机造成的生产损失、提高设备的可靠性和使用寿命，同时支持给出相应的预防措施和解决方案，直接将对故障的预测转化成预防的计划安排，降低故障发生的概率。

工业元宇宙的核心目标是建设数字孪生车间：通过物理车间与虚拟车间的双向真实映射与实时交互，实现物理车间、虚拟车间、车间服务系统的全要素、全流程、全业务数据的集成和融合，在车间孪生数据的驱动下，实现车间生产要素管理、生产活动计划、生产过程控制等在物理车间、虚拟车间、车间服务系统间迭代运行。

2.产线级

（1）基于数字孪生车间的智能生产与精准服务

1） 产品质量实时控制与分析

基于统计过程控制（Statistical Process Control, SPC）等方法，借助数理统计方法对生产过程进行分析评价，根据反馈信息及时发现系统性因素出现的征兆，并采取措施消除其影响，使过程维持在仅受随机性因素影响的受控状态，以达到控制质量的目的。

2） 车间能耗优化及预测

利用车间内无所不在的传感器、电子标签、监控器数据，通过各种先进的数据分析工具挖掘数据价值，为达到能耗优化目标，基于影响各个能耗的因素构建能耗公式，计算不同模式下的能耗对比情况，确定能耗最优方案，通过算法进行能耗预测分析，提前进行能耗策略调整。

3） 物料智能跟踪与配给

引入物联网技术，帮助搬运载体感知获取配送过程中的实时信息；建立搬运载体与配送任务的实时状态信息数字模型，建立两者的实时信息交互机制；通过任务动态分配方法和算法，快速从任务池中为有任务请求的搬运载体选取最匹配的配送任务，促进车间物料高效配送。

4） 协同生产工艺分析

利用计算机技术，特别是多媒体技术、网络与通信技术、分布式处理技术等.为生产各方群体建立一个协同工作环境。采用人机协同的方式，对工艺设计问题进行协同、快速、有效地处理，及对适应快速生产准备。

5） 智能生产运行优化

在现有信息化平台的基础上，从企业海量生产数据中快速获取有价值的信息，通过优化算法对其进行深入的挖掘和分析，为全流程各环节的优化决策系统提供科学依据，以实现综合考虑敏捷、环保、安全和高效等多个目标的生产优化运行。

（2）基于数字孪生车间的制造执行与生产调度精准化

1） 生产资料透明化

实现现场作业指令、执行过程、物料流转、质量检测、设备状态、生产工艺、工具、物料等全生命周期监测，实时查看所有生产资料的运行状态，实现真正的透明工厂。

2）物料及工艺检测

根据生产排程结果，准备所需的生产资料，进行原料、辅料等可用状态及数量检查、NC 程序下发及完整性校验，进行检测标准工艺参数下发。借助专家经验以及各种数理统计方法及工具对检测结果进行分析，判断物料品质是否在正常范围内。

2） 产品全生命周期追溯

利用 RFID 建立物料、托盘、加工参数、检测结果之间的关系，通过一物一码追溯系统，追溯产品从生产、加工开始，到制作、质检、包装等产品全周期信息，实现原料进厂、产品生产、仓储物流、终端销售、市场消费的全程可视化管理，增强企业对产品生产过程的把控以及质量问题溯源。

4）产品质量档案

利用机器视觉检测技术，基于图像自动识别产品质量与生产过程状态，实现对于物料、产品的质量检测，生产过程的状态识别，以及生产车间现场管理，收集产品质量数据，并进一步实时反馈改进生产工艺，形成质量大数据及产品质量档案。

5）AGV 协同调度

在 AGV 数量多、运输路线较多且运输较频繁的复杂应用场景下，通过 AGV 调度系统同时对多部 AGV 实行中央监管、控制和协同调度，使物料运输系统更加人性化、自动化、无人化。

（3）基于数字孪生车间的工艺优化和仿真

1） 零配件辅助装配

在产线的装配环节利用 AR 技术进行辅助装配引导，将虚拟三维引导信息和真实装配环境结合，为用户打造一个虚实融合的装配环境，使其能在线实时获取与装配过程相关的多种类操作引导信息，从而提高产品装配效率，缩短产品装配时间。

2） 非接触式检测手段工艺

针对难以采用接触式检测或无法采用安装传感器等接触方式进行检测的对象（例如测量高速旋转轴的振动、转矩等），通过光电式传感器、电涡流式传感器、超声波检测仪表、核辐射检测仪表等非接触式检测工艺进行检测。

3）产线规划仿真验证及工艺参数仿真

在产线实际投入生产前在虚拟环境中进行模拟仿真和测试，包括节拍平衡性验证、装配动态干涉、人机交互舒适度分析，电气程序虚拟调试等，最终实现找出生产线的瓶颈并进行改善。在生产过程中进行生产工艺参数仿真，验证生产工艺以及工序的合理性。

4）生产过程仿真监控

通过 PLC、传感器等获取设备运行状态、工艺参数，通过工业协议解析与自动化设备控制系统进行信息交互，实现设备参数、工艺参数的数据采集。对产线设备以及线体、节拍等进行数字孪生建模，实现面向工业现场的生产过程仿真监控。

5）从消费者到生产者的（Customer-to-Manufacturer, C2M）柔性生产体系构建

从基础数据、计划模型、物流模型、标准作业和工艺规范等方面着手，自主构建节拍化、单个流、信息化、移动连续生产的柔性装配生产体系。从而达到提高产能、缩短装配周期、减少场地占用、加快物流周转速度、提高市场个性化适应能力等方面的良好效果。

3.工厂级

（1）园区一张图

园区一张图是通过建设面向智慧园区的数字孪生世界，实现对园区基本信息、产能情况、运营情况、物业管理、安全防控等全要素的可查、可管、可追踪，将不同维度的信息在数字孪生世界中进行汇集、认知、决策、协同，有效提高园区管理者的管理效率和对园区资源的掌控，辅助园区决策者推进园区规划、政策制定和协同作业。

（2）园区数字孪生

接入工厂已有 BIM/CIM(Common Information Model)/3D MAX/CAD 模型，实现智慧园区 1:1 还原的虚拟仿真以及建筑、物体、道路、设备等在全三维场景下的交互及查看。通过云渲染等技术实现园区周边地理影像（包括绿化、植被修饰、交通主干道、周边其他虚化建筑）的还原，以及光照系统和粒子特效的制作。

（3）智慧人行态势

综合人脸识别系统、周界、巡更等安防系统，结合访客系统对园区的人群进行控制，包括人员聚集、人脸布控 （白名单、黑名单）、人数抓拍统计、特殊人员预警、特殊行为预警 （徘徊、翻墙等）、调取预警人员的人行轨迹。

（4）设备及能耗管理

综合厂区内电梯、摄像头、用电设备、用水设备等设备设施型号、图片、厂家、历史运行、告警和维保等信息记录，对设施的数量、在线率、告警事件等进行统计分析，综合统计显示厂区当日、当月内水电表能耗的情况，并支持用量可视化趋势查看。

（5）安全及应急管理

显示厂区内视频告警事件的情况，包括各类事件的状态，类型及历史趋势等，事件、任务概览；事件类型/状态统计、任务状态统计；进行厂区内可燃物、有毒有害气体等的监控，发生危险情况时进行实时预警，及时定位危险来源，进行应急处置。

（6）AR/VR 虚拟培训

通过 AR/VR 技术定期为员工进行安全培训，对厂内的危险源进行标注及说明，同时在 VR 和 AR 漫游中，让员工了解危险源的位置、影响范围、绿色通道、发生安全事故时的应急措施、逃生路线等。

（7）物流调度管理

集成工厂内部主要的道路信息，通过和物流系统通讯，实时读取厂内运输车辆的位置坐标信息，并在三维工厂模型上动态跟踪展示车辆的位置信息变化，协助物流调度人员动态掌握公司内部的物资调拨情况和厂内车辆位置。

（8）工厂级生产控制塔

建立工厂级生产控制塔，有效及时调度物资供应、物料配套、厂内运输、库存等情况，通过数据展现及大数据分析科学决策，保证生产正常进行。

4.产业链级

（1）供应链智能控制塔

供应链智能控制塔是供应链运作的指挥中心。控制塔提供全方位视角，打通端到端的数据链接，能更全面地从客户、区域、运输、物料、产品，工厂等不同维度来审视供应链的业务问题和改进点，支撑产业链上下游企业间设计、采购、生产、销售、物流、售后等全过程信息协同。

（2）合作伙伴协同

实现工业数据全链条可视化，接入供应商内部库存等数据，帮助制造企业实现供应商物料管控；进行供应商分级管理，根据级别不同进行不同等级的信息协同，有针对性地与合作伙伴进行数据开放。

（3）服务供应链协同

通过机器学习进行主动需求预测，实现多层级多场景下对服务备件整个生命周期、以及采购计划期内准确的需求趋势分析和需求周期性波动预测。提供智能化的分货补货以及再平衡，帮助计划人员找到最合理的分货策略，如计划周期，分货激活条件，分货优先级等。

（4）细分行业协同

在单个系统解决方案供应商无法满足行业智能化转型需求时，需要行业内部以及细分行业之间进行协同研发攻关，由多个提供单一产品或服务的供应商共同构建协作合作系统。

（5）产学研协同

通过创新联合体、产业技术研究院、产学研创新战略联盟等多样的产学研融通平台组织模式进行关键技术联合攻关。通过集聚整合各类创新要素和互补性资源，有效克服了关键共性技术攻关活动中“组织失灵”和“市场失灵”的问题，降低了技术攻关过程的高风险和不确定性。

4.1.3 典型应用案例

案例 1：中烟某卷烟厂制丝生产信息物理系统（Cyber Physical Systems, CPS）解决方案

以联想新视界支持中烟集团某卷烟厂数字孪生系统为例，通过卷烟厂制丝车间既有技术资料（制丝车间工艺设备明细表、工艺平面布置图、工艺流程图、数字孪生建模区域图等），利用虚拟化技术，对建筑空间、工艺设备、生产线、物料等现实空间资源，进行虚拟映射，从微观到宏观反映生产流程、透明化展示制丝产品生命周期的演进过程。系统搭建了完备的信息物理系统，实现了制丝线的高级排产、生产仿真、智能视频应用、数字孪生、生产透明化、现场可视化、网络安全等功能。

图 4-2 卷烟厂数字孪生系统

案例 2：中烟某烟草机械集团智能单机解决方案

以联想新视界支持中烟某烟草机械集团智能单机解决方案为例，项目以设备感知、设备可视、智能控制、及时预警、便捷运维、知识共享为目标，借助数字孪生、大数据，人工智能等技术结合工业机理模型实现制丝主机设备的智能化建设，形成以主机为核心的独立闭环智能设备。以热平衡、水平衡和热物性为机理核心，包括设备机理，工艺机理、生产过程机理和控制机理研究，通过机理研究和模型仿真验证，获得基于机理的智能控制模型，并提出感知层改进需求。基于设备智能单机解决方案基于机理模型原理对设备感知层提出最有效的方案，投入产出比高；此外，可大量减少料头、稳态、料尾等各阶段的人工干预，降低人力成本；可以深度提高产品指标的稳定性，提升产品质量。

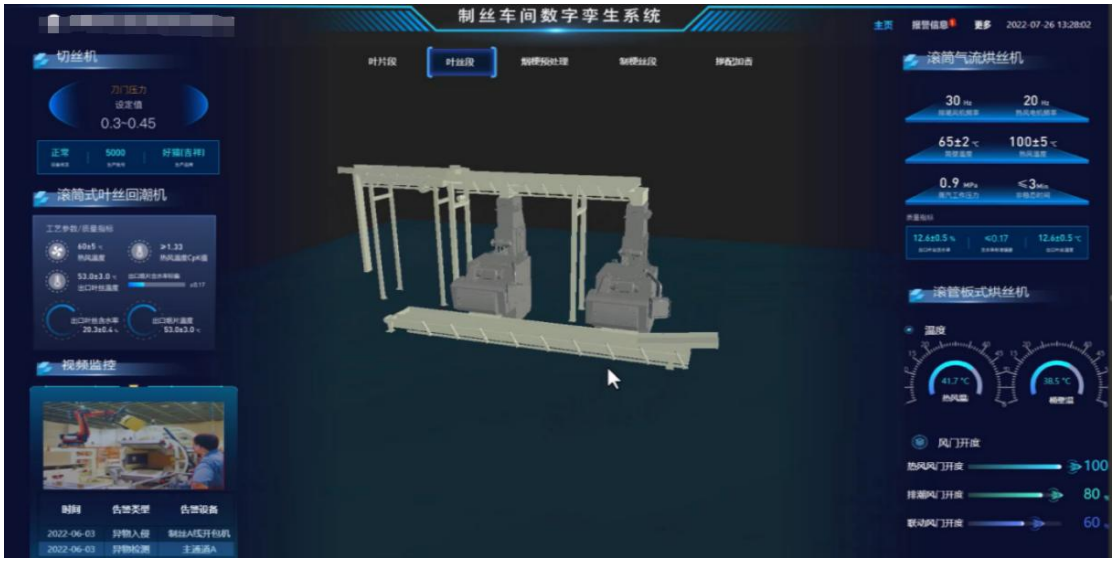


图 4-3 基于三维模型和设备机理模型实现数字孪生建模

案例 3：某国产大飞机制造商飞机设计典型过程仿真系统

以联想新视界支持某国产大飞机制造商构建的飞机设计典型过程仿真系统为例，该系统构建了飞行场景机理数据驱动的多模态仿真能力，服务于飞机研发过程中的整机和关键子系统的仿真验证。打通了地理信息系统数据（Geographic Information System, GIS）、卫星天气数据接口、机理数据接口等，实现了以数据驱动的飞行机理仿真、场景三维仿真以及飞行环境仿真，并以云渲染方式提供大型场景的多终端设备互动，支撑多人在线协同的三维虚拟评审。

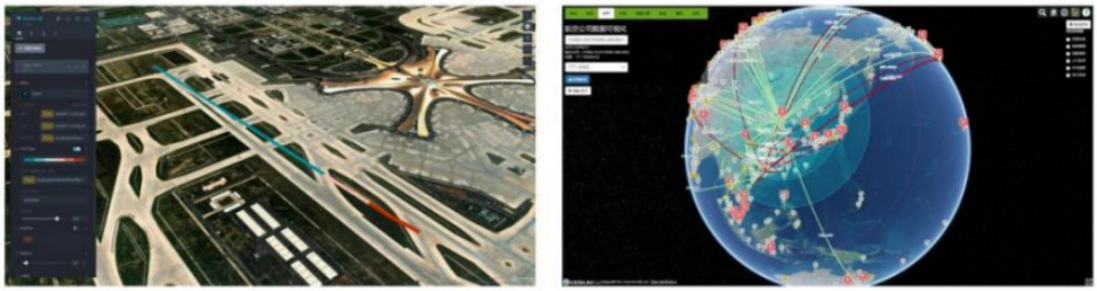


图 4-4 飞机设计典型过程仿真系统

案例 4：某国产大飞机制造商实验室互联互通平台建设

以联想新视界支持某国产大飞机制造商园区实验室构建互联互通平台为例，基于前沿 WebGL(Web Graphics Library)、Z-Engine 加速渲染、3D 模型等技术构建数字孪生平台。平台收集设备管理数据及任务管理数据，并通过综合展示平台对数据进行展示。根据 CAD 和现场拍照信息对园区、实验室以及设备三个层级进行三维重建，借助 Novoverse 强大的数据采集和 3D 场景编辑功能，从实验室任务管理系统、视频监控系统中采集数据指标并绑定到 3D 场景中，实现了实验室综合监控看板、设备详情展示看板、任务完成质量统计看板各类看板展示以及关键设

备的生产信息展示。通过平台建设帮助商飞实验室成功实现了多系统、多平台的数据整合与交换，打破了信息孤岛，提高了数据的互通性和共享性，为企业的数字化转型奠定了坚实基础。通过应用 Novoverse 先进的三维建模和渲染技术，为商飞提供了更加直观、生动的业务视角，提高了整体运营效率。

图 4-5 某中心 5G 数字园区

案例 5：某大型煤炭企业机器人数字孪生巡检系统

以联想新视界支持某大型煤炭企业机器人数字孪生巡检系统为例，系统针对矿井场景下的巡检需求，提供轨道式智能巡检机器人及轮式智能巡检机器人，开发了三维展示监控平台以及人工智能故障分析系统。以满足矿井防爆要求、提升设备异常及故障检测分析的能力、解决多变环境下的仪表设备识别难及精确性低等问题为目标，实现了危险区域人员侵入及行为分析的精确监测、矿井设备与环境的精确信息采集、实时监测分析，提高了矿井巡检作业和管理的自动化和智能化水平，实现了基于数字孪生技术的矿山智能巡检机器人系统创新应用。

图 4-6 智慧矿井监控数据大屏

案例 6：杭州某龙头家具生产企业数字孪生运营平台系统

联想新视界帮助杭州某龙头家具生产企业数字孪生运营平台系统，系统通过智造基地数字孪生运营平台建设项目，打通了集团总部与多基地的数据壁垒，在技术上实现了 IT 与 OT 的结合，通过各个业务系统的数据融合和综合分析，在基地运营、采购销售、物流统计和产线数字孪生方面构建了综合运行监控中心。在构建了 UV 底漆和水性底漆两条数字孪生线后，通过收集辊涂设备 PLC 数据，有效利用单辊油漆使用量数据配合油漆配方和皮带利用率，为提高排程效率提供数据支撑。通过实时监控生产流程，发现潜在的瓶颈和问题，为生产线的优化提供依据。基于该系统对生产线上的设备进行实时监控和数据分析，预测设备的故障风险，并进行提前维护，降低了设备故障对生产的影响，降低了维修成本，提高了生产线的稳定性和可靠性。

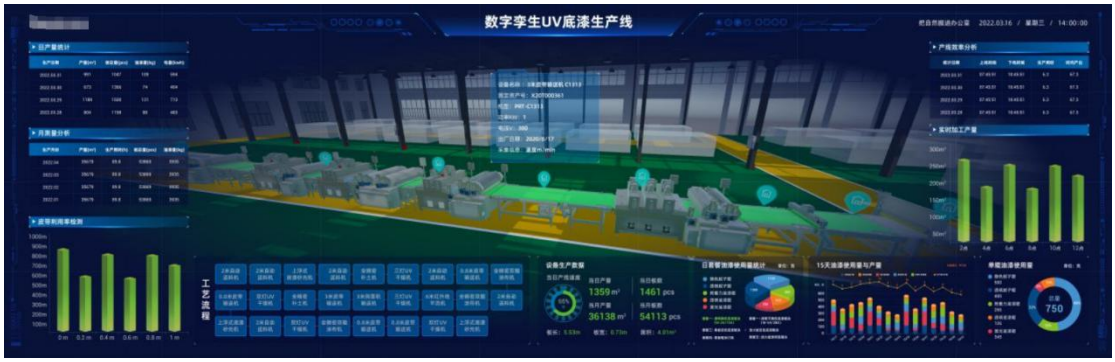


图 4-7 数字孪生运营平台

案例 7：联想天津产业园智慧中央仓数字孪生系统

联想新视界帮助联想天津产业园打造了天津智慧中央仓数字孪生系统，系统对 7 号仓库的南库进行了数字孪生，对接了立库内堆垛机、RGV(Rail Guided Vehicle)、拆垛机械手、货物、

AGV 等设备，可实时查看设备的实际运行路线和状态信息，设备故障时可进行实时报警；通过全库建模仿真，方便仓库管理人员全方位查看立库整体情况，为后续海关查验、生产进度控制、立库整体监控打下坚实基础。此外，通过立库智能终端，向参观客户展示中央仓数字孪生系统，并支持以遥控手柄的方式进行立库的漫游查看，为客户带来极端沉浸式的数字孪生视觉体验。

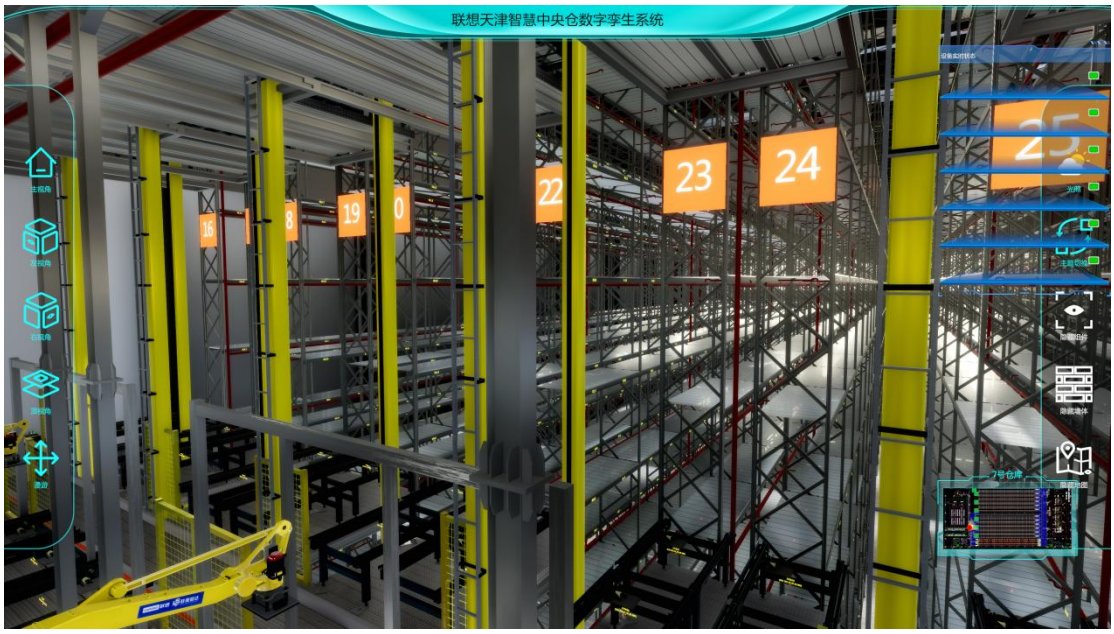


图 4-8 联想天津智慧中央仓数字孪生系统

案例 8：某国际知名车企数字孪生 VR 培训项目

联想新视界帮助某国际知名车企打造了一套数字孪生 VR 平台化培训系统，该车企中国售后培训中心负责全国品牌 4S 店的售后汽车维修培训，应用该系统对维修人员进行系统化培训，除了进行数字化视频教学外，还引入 VR 课程培训，如电动汽车、碳纤维汽车等高端维修项目，从而实现高效、节约培训物料的培训目标。通过对德国原厂汽车工业模型数据的转化，结合标准维修流程及 VR 技术特点，设计围绕高端电动汽车 i3、i8 碳纤维车型的 VR 培训课程，并对接其培训平台，实现登录及培训数据交互。

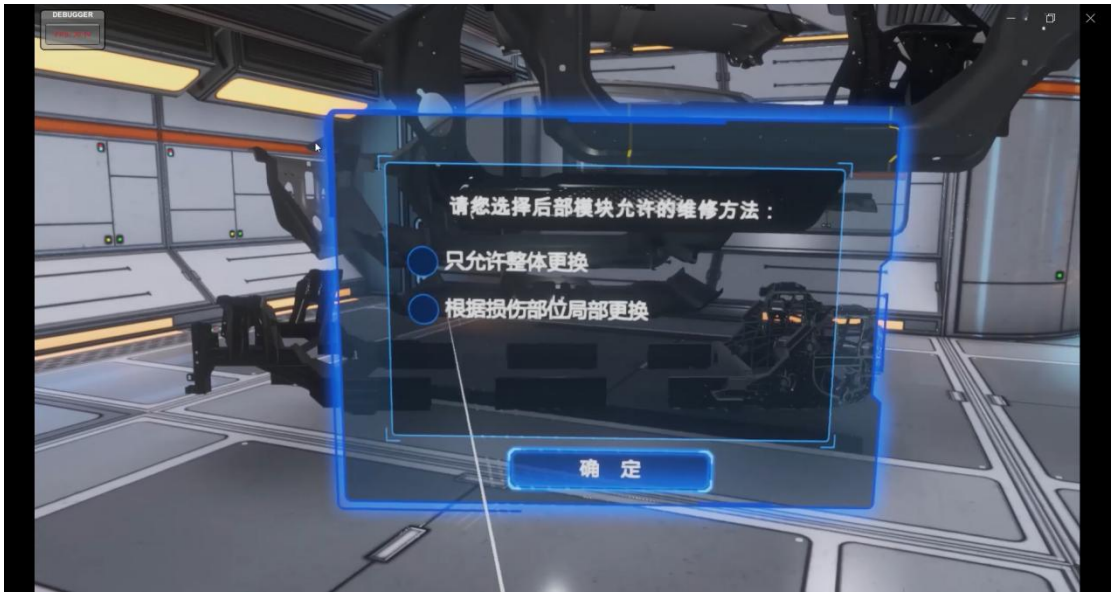


图 4-9 数字孪生 VR 平台化培训系统

案例 9：联宝虚拟仿真及数字化教学综合培训平台

联想新视界帮助合肥联宝打造了一套虚拟仿真及数字化教学综合培训平台，联宝科技是联想集团最大的 PC 研发和制造基地、国家级智能制造示范基地。该企业面临着生产组织规模庞大，生产节奏快，工人流动性大，人员高效培训难等问题。通过建设数字化教学培训平台及 VR 技能培训课程体系，实现线上数字化教学资源的维护，及线下 VR 虚拟仿真教学，实现对 40 多个关键技能岗位的岗前培训。借助培训平台，实现 VR 培训及线上学员及培训过程的系统化、数据化管理。

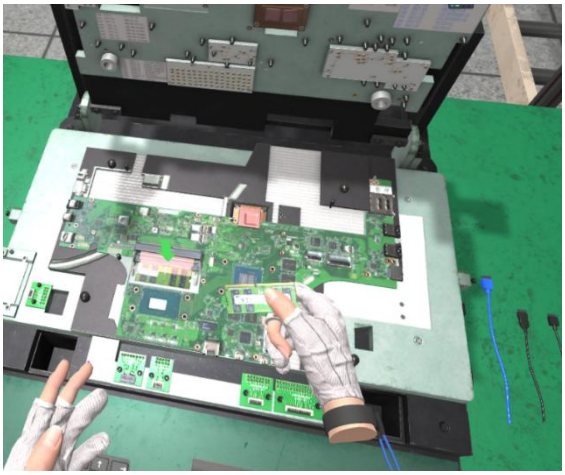


图 4-10 VR 数字化培训

案例 10：某国际知名车企汽车关键部件声纹故障识别项目

联想新视界为某国际知名车企开发了基于 AR 技术和 AI 语音识别技术的智能故障诊断助手系统，系统包含 AR 故障维修电子手册以及 AI 故障声音识别两部分。AR 智能车辆故障手册通过使用轮廓识别技术和 AR 技术，轻松识别系列车型的火花塞、大灯等部件，并智能显示每款车型各部件对应的可能故障细节。该解决方案为技术人员提供了智能化、可视化的技术支持，有效减少了技术人员查阅资料了解故障细节的时间。利用深度学习的 AI 平台，可以方便地对汽车空调压缩机和差速器的噪声进行云智能诊断服务，自动生成故障诊断建议，并协助技术人员对可能发生的汽车故障进行诊断，缩短故障诊断时间，提高客户满意度，目前实现了车辆噪声检测 85% 以上的准确率。

图 4-11 汽车空调压缩机故障诊断

4.2 人工智能+交通元宇宙

4.2.1 交通枢纽元宇宙解决方案

1. 方案背景及痛点

交通枢纽在交通运输系统中扮演着至关重要的角色，它不仅是运输线路的连接点，还是旅客和货物的集散地，同时也是城市经济发展的重要推动力。交通枢纽元宇宙解决方案旨在通过元宇宙技术，将现实世界的交通枢纽进行数字化重现，构建一个虚拟的、高度仿真的交通枢纽环境。在这个环境中，用户可以像在现实世界中一样进行各种交通活动，如乘车、换乘、购物、休闲等，从而获得更加沉浸式的体验。随着科技的快速发展和人们需求的不断变化，交通枢纽运营管理也面临着诸多机遇和挑战。

首先，随着城市化进程的不断推进和城市人口的不断增加，城市的交通出行需求不断增加。这为交通枢纽提供了更多的客流和货源，为其运营管理收益带来了增长机遇。其次，交通枢纽作为人流、物流的集散地，具有极高的商业价值。在交通枢纽周围建立商业中心、购物中心等设施，可以吸引更多的人流和消费，从而提高运营管理收益。此外，公共交通与其他交通方式的互联互通也是交通运营管理的发展趋势之一。通过技术手段、信息共享和合作，不同交通运营部门可以实现多种交通方式的衔接和协同，提供便捷、无缝的出行体验。再者，人工智能、大数据和物联网等新技术的应用使得交通枢纽的运营更加高效。智能交通系统可以实现交通信号的优化调整，减少拥堵和提高通行效率，这不仅提升了乘客的出行体验，也为交通枢纽带来了更多的商业机会。最后，随着全球对环保和可持续性发展的重视，交通枢纽可以通过推广低碳出行方式、优化交通路网布局等措施来响应这一趋势。这不仅有助于提升交通枢纽的社会形象，还可能带来政府补贴等政策支持。

然而，随着社会的进步和发展，交通枢纽所面临的挑战也与日俱增：

- 高昂的建设与维护成本：交通枢纽高成本建设投资和运营维护、资金问题制约了公共交通枢纽的进一步发展和完善，对运营管理收益构成了挑战。
- 客运站之间的衔接问题：随着城市化进程的加速，许多交通枢纽站向郊区搬迁，导致站点之间的衔接不足。这不仅降低了客运站的效益，还增加了旅客的换乘时间及费用支出，影响了交通枢纽的竞争力。
- 服务质量和效率：部分地区的公共交通服务质量参差不齐，存在设备设施老旧、班次不准时、交通拥堵等问题。由于以上原因，交通系统的运营效率也受到影响，这都会降低乘客的出行体验。
- 信息化和智能化水平有待提高：虽然一些城市已经实现了智能交通系统，但整体而言，公共交通的信息化和智能化程度仍然较低。随着科技的发展，乘客对公共交通系统的信息化和智能化水平提出了更高要求。
- 绿色环保要求：在全球倡导绿色环保的大背景下，公共交通枢纽的建设和运营也需要考虑环保因素。如何采用更加环保的材料和技术，减少对环境的污染，是公共交通枢纽面临的挑战之一。

2. 方案内容

（1）方案目标

- 高度仿真的交通枢纽环境：利用元宇宙技术，可以构建一个高度仿真的交通枢纽环境，包括地铁站、公交站、火车站、机场等各种交通设施，以及周边的商业设施、休闲场所等。用户可以在这个虚拟环境中自由行走、探索，并体验各种交通服务。

- 实时交互与信息共享：在元宇宙交通枢纽中，用户可以与其他用户进行实时交互，分享交通信息、旅行经验等。同时，交通枢纽的管理部门也可以通过元宇宙平台发布实时交通信息、安全提示等，提高交通效率和安全性。
- 个性化服务推荐：基于用户的历史行为和偏好，元宇宙交通枢纽可以为用户提供个性化的服务推荐，如推荐合适的出行路线、优惠活动等。这不仅可以提高用户的出行体验，还有助于提升交通枢纽的商业价值。
- 智能导航与路径规划：元宇宙交通枢纽可以利用先进的算法和技术，为用户提供智能导航和路径规划服务。用户只需输入目的地，系统即可为其规划出最优的出行路线，并提供实时的导航指引。
- 安全监控与应急响应：通过元宇宙技术，可以实现对交通枢纽的全面监控，及时发现和处理各种安全问题。同时，在紧急情况下，元宇宙交通枢纽还可以提供实时的应急响应和疏散指引，确保用户的人身安全。

技术实现方面，交通枢纽元宇宙解决方案需要综合运用 3D 建模、虚拟现实、人工智能等技术手段，实现高度仿真的交通枢纽环境和智能化服务。同时，还需要解决数据传输、用户交互、安全保障等方面的技术挑战。在实施过程中，还需要注意保护用户隐私和数据安全，确保元宇宙交通枢纽的稳定性和可靠性。此外，为了提升用户体验和满意度，还需要不断优化和完善元宇宙交通枢纽的功能和服务。

（2）应用场景

- 城市交通规划与管理：通过元宇宙技术模拟城市交通流量和流向，为城市交通规划提供科学依据。同时，可以实时监测交通状况，及时调整交通管理策略，提高城市交通效率。
- 旅客服务与体验提升：为旅客提供更加便捷、舒适的服务体验。旅客可以在元宇宙交通枢纽中提前了解各种交通信息、服务设施等，提高出行效率和满意度。
- 商业开发与品牌推广：通过元宇宙交通枢纽吸引更多用户关注和参与，为商业开发和品牌推广提供更多机会。例如，可以在元宇宙交通枢纽中设置虚拟商店、广告牌等，促进商业合作和品牌宣传。

（3）方案概述

基于边缘计算集群，通过 DTOS 数字孪生操作系统和四大核心引擎打造交通枢纽元宇宙平台，构建机电智能控制系统、绿色供应商管理系统、数字人等智能化应用。

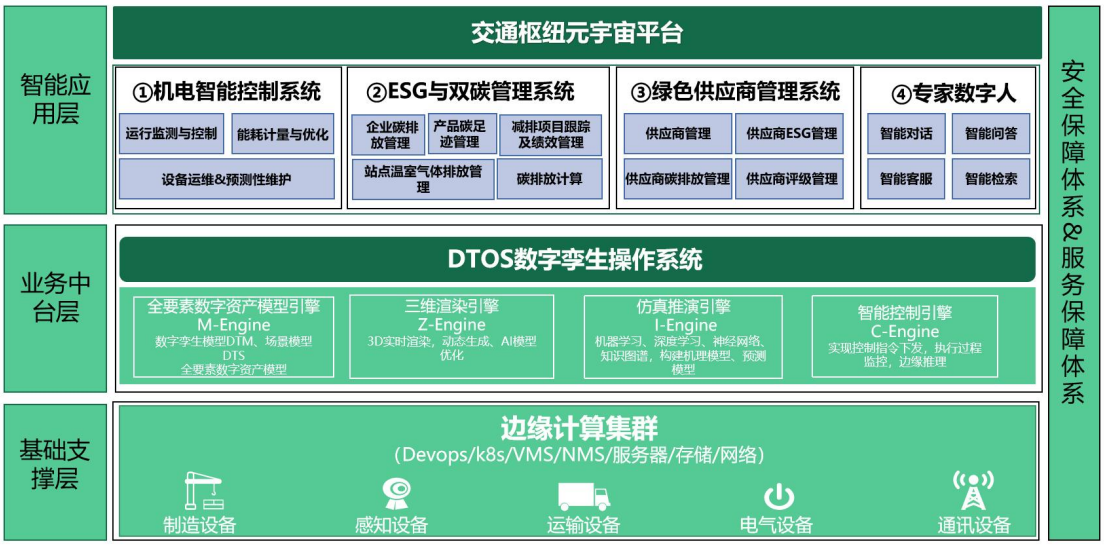


图 4-12 交通枢纽元宇宙解决方案架构

➢ **打造数字底座边缘计算集群**

使用数字底座的算力资源，通过 DTOS 数字孪生操作系统定制开发客流数据分析系统，结合 AI 算法分析，实现客流统计分析、广告精准投放。

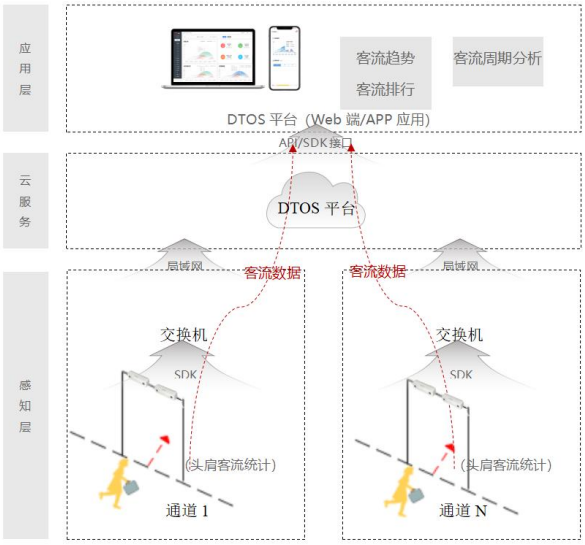


图 4-13 边缘计算集群

➢ **全域虚实映射**

打造站级元宇宙空间，对车站公共空间、相关设备、服务设施进行建模，构建站级数字孪生，实现孪生场景展示、3D 场景漫游、固定场景快速定位、视角切换等功能，增强沉浸式体验。

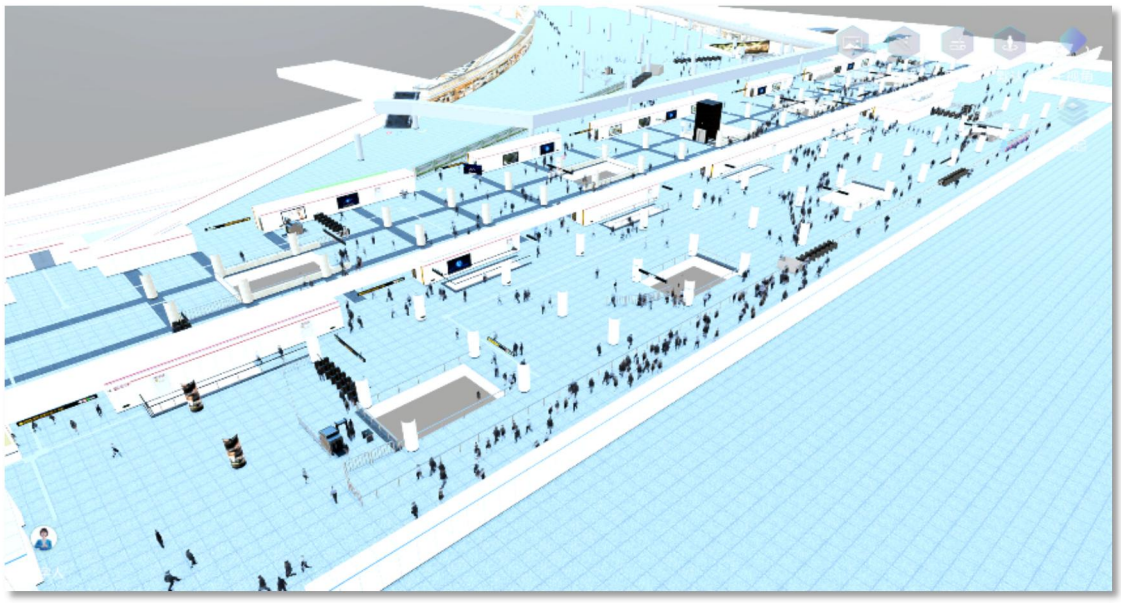


图 4-14 站级元宇宙空间

➢ **客流仿真**

建立客流仿真算法模型，在设定时间内，预测客流数据变化，规划出入口，孪生展示站内客流情况。实现指定区域客流数据采集、分析，分析客流规律，辅助客流仿真算法模型做误差修正。仿真模拟关闭出入口、客流高峰和售检票系统故障等特殊事件对客流数据的影响。满足站内运营管理调度、广告精准投放、机电设备动态寻优等数字化和个性化服务需求。

图 4-15 客流仿真

➢ **以虚控实**

在元宇宙空间中，模拟仿真机电控制策略，通过策略优化，支持机电设备以虚控实，实现车站内机电系统的远程集中监测和控制功能，为安全生产提供数据分析保障和数据管理，提升系统的运行可靠性，提高生产效率、节约能源和降低成本，推动产业升级和可持续发展。

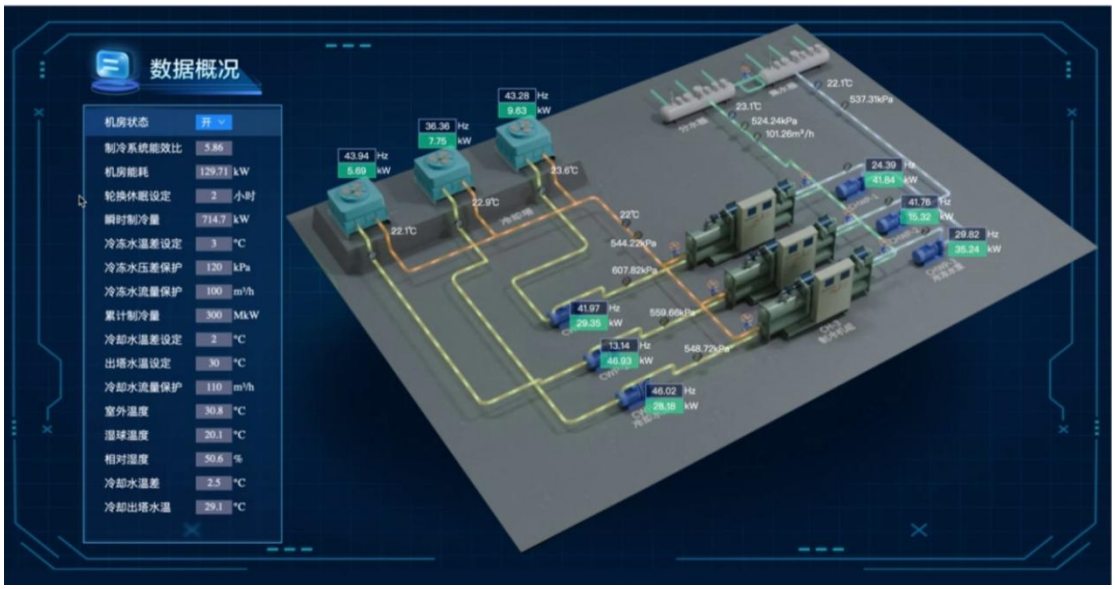


图 4-16 机电智能控制

➢ **全面改善人机交互**

打造专家数字人，基于深度学习架构，通过大量的数据训练，增强大语言模型对语言结构、语法、语义等方面的深入理解，使数字人能够理解自然语言，实现人机交互。通过数字人不同角色定位，支持运营管理、运维服务、员工培训、乘客服务等应用场景。

3.效益分析

（1）构建了统一的数字底座

交通枢纽元宇宙的构建始于一个强大的数字底座，该底座实现了技术架构的创新。利用先进的信息技术加快了数字化基础设施的建设，为交通系统的数字化转型提供坚实的基础，提高了交通系统的智能化水平。

（2）加速了数据资产化进程

在交通元宇宙中，数据被视为宝贵的资产。通过交通枢纽元宇宙可逐步实现数据资产的通证化，将数据转化为可以在经济活动中流通和交易的资产。这一过程不仅增强了数据的价值，还为交通系统的运营和管理提供了深度的洞察和决策支持。

（3）高效节能，推动绿色可持续发展

交通枢纽元宇宙强调通过技术创新提升机电系统的能效管理水平，实现高效节能。这意味着利用智能系统优化能源使用，减少浪费，并推动绿色、可持续的交通解决方案，通过这种方式实现环境友好型的发展目标。

（4）推动城市及居民生活高质量发展

交通枢纽元宇宙通过整合数字技术、数据资产和创新管理，提升交通运营管理的数字化水平，实现绿智融合，推动交通系统向更高效、更智能、更环保的方向发展，从而支持城市的可持续发展和居民的高质量生活。

4.2.2 车路协同解决方案

1. 方案背景及痛点

国家层面，智慧道路和智慧交通相关政策陆续出台，2020 年 4 月，国家“十四五”规划《纲要》明确提出加快新型基础设施建设，信息基础设施建设、融合基础设施建设、创新基础设施建设【2】，其中包括智能交通基础设施在内的融合基础设施建设主要是指深度应用互联网、大数据、人工智能等技术，支撑传统基础设施转型升级，进而形成的融合基础设施。2024 年 1 月，工信部等七部委发布《关于推动未来产业创新发展的实施意见》，意见表示，要深入推进 5G、算力基础设施、工业互联网、物联网、车联网、千兆光网等建设；推进新一代信息技术向交通、能源、水利等传统基础设施融合赋能，发展公路数字经济，加快基础设施数字化转型【14】；2024 年 1 月，工信部等五部委发布《关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知》，试点内容包括建设智能化路侧基础设施、提升车载终端装配率、建设城市级服务管理平台、开展规模化示范应用、探索高精度地图安全应用、完善标准及测试评价体系、建设跨域身份互认体系建设、提升道路交通安全保障能力以及探索新业态新模式【15】。

地方层面，试点城市遍地开花，智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展（以下简称“双智”）是我国城市建设与汽车产业转型的重要趋势，自 2020 年 11 月住建部和城乡建设部、工业和信息化部共同发布通知组织开展“双智”试点工作以来，已先后确定 16 个城市为“双智”试点城市。截至 2023 年底，全国共建设了 17 个国家级测试示范区、7 个车联网先导区、16 个智慧城市与智能网联汽车协同发展试点城市。

我国在道路交通层面主要面临以下痛点：

（1）交通拥堵严重

随着机动车保有量提升，交通拥堵成为每个城市的困扰问题，交通问题带来的经济损失占城市人均可支配收入的 20%，相当于 GDP 损失 5%-8%【16】。通过构建智能交通新型基础设施，结合交通信息服务、智能信号灯控制、智能公交、智能停车等车路协同精细化管理工具，实现交通效率的提升。此外，基于智能交通新型基础设施，可促进自动驾驶公交。无人巡逻车\无人物流车\无人快递车\无人观光车等新型无人系统的安全应用，打造城市品牌新形象。

（2）交通事故频发

交通事故频发仍然是危及出行者生命安全的重大隐患，2022 年我国交通事故死亡总人数 60676 人【16】。我国许多城市公共交通整体运输能力偏低，轨道 - 公交—慢行多模式交通出行服务水平有待提高，需要充分发挥车路协同技术优势，借助多种智能交通工具、技术和算法提供安全预警、行为监控引导、道路安全运行等功能服务，为出行者提供实时信息、减低事故发生概率；为公交出行用户提供更加便捷、人性化的出行服务，为交通运输管理和综治部门保障城市安全运行提供技术支撑。通过在城市营运车辆等安装网联驾驶辅助终端，可有效降低交通事故，提升城市通行效率。

2. 方案内容

（1）总体网络架构

本项目涉及的网络主要分为两个部分，软件系统网络和路边设备网络，总体网络架构图如下所示。

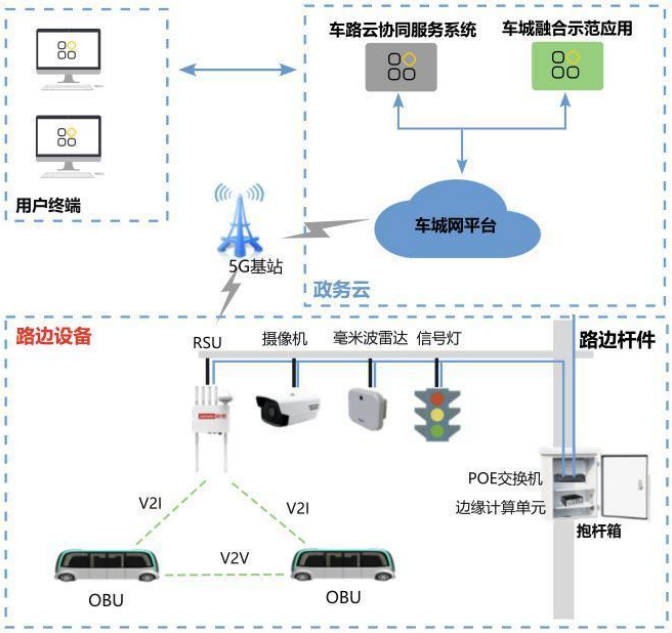


图 4-17 总体网络架构

软件系统主要包括车路云协同服务系统、车城网平台和车城融合示范应用。

路边设备主要包括摄像机、毫米波雷达、RSU、POE 交换机、边缘计算单元以及车载 OBU。其中，摄像机、毫米波雷达、RSU 和边缘计算单元通过 POE 交换机有线连接，RSU 能够和 5G 基站和车载 OBU 进行空口回传。

系统运行时，车载 OBU 通过 5G 将车辆信息发送给 RSU，RSU 通过有线传输将数据发送到边缘计算单元进行处理，同时，摄像机、毫米波雷达也通过有线传输将采集到的感知数据发送

给边缘计算单元进行处理。边缘计算单元将处理后的车辆数据和感知数据通过有线传输发送给 RSU，RSU 再将通过 5G 空口传输将数据发送给 5G 基站，5G 基站再将数据发送给车城网平台进行统一汇聚，再由车城网平台根据具体应用需求将数据分配给各个应用。

（2）总体方案架构

方案架构总体为“1+1+1+N”，即一套基础设施支撑，一个车路云协同服务系统，一个车城网平台，n 个智能应用。

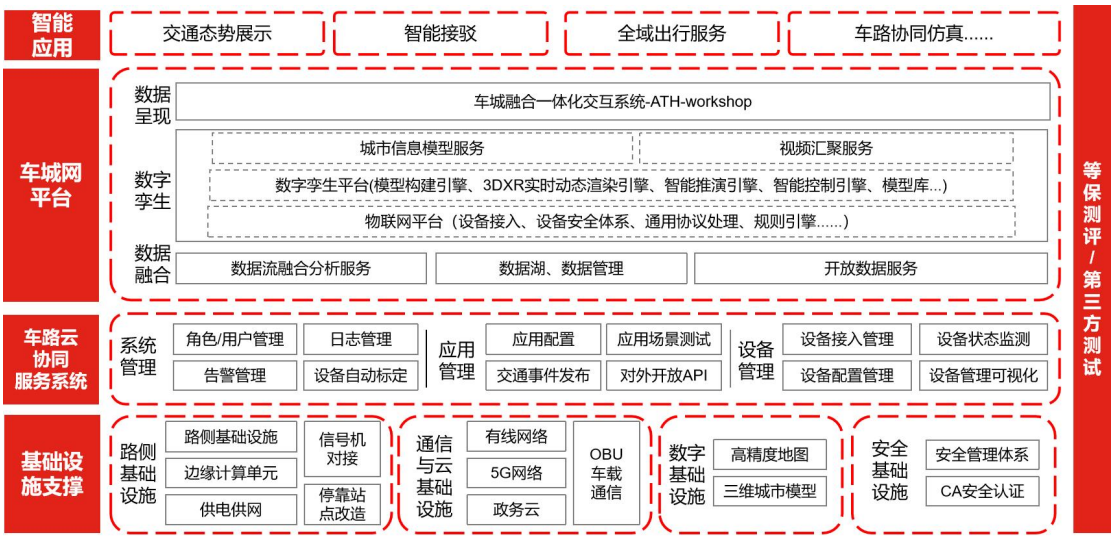


图 4-18 总体建设内容

1）基础支撑系统

基础支撑系统旨在构建一套产业领先的标准化、易扩展的智能网联汽车基础设施体系，为智能网联应用提供基础设施环境，具体包含智能基础设施、网络与云设施以及城市底图建设。

智能基础设施旨在通过路侧、车端的交互，并结合相关的交管改造，为本项目的智能接驳应用提供安全、便捷的基础条件。路侧设施建设主要是在路口部署感知单元、蜂窝车联网（cellular vehicle-to-everything, C-V2X） 、RSU、边缘计算单元，实现对覆盖区域内的机动车、非机动车、行人以及其他物体的检测与分析，增强对周围道路环境的理解，实现与智能网联汽车的交互。车载设备主要通过装载 OBU 来实现，可提高对道路的精确感知能力，并与车城网平台进行实时交互，不仅向平台输出车辆相关数据信息还能接受平台分析后的信息与指令。交管改造主要完成对信号机的网联化改造以及车站的建设，进一步提高智能网联车辆运行的安全性。

网络与云设施主要提供安全可靠的网络环境以及云部署环境。在运营路段实现 C-V2X 网络覆盖，为设备、车辆、平台间的数据汇聚与传输提供可靠的通道。在云设施方面主要依托政务云支撑相关软件平台的部署与运行，通过一系列安全设施保证平台的安全性。

城市底图主要包括高精度地图与三维城市模型。高精度地图高精地图是无人驾驶中重要的坐标指导及行车线路依据，高精地图可以帮助车辆找到合适的行车空间，还可以帮助规划不同的路线选择，并能够在系统上标定道路上其他车辆的位置。三维城市模型是利用无人机倾斜航空摄影测量技术，对建设范围展开倾斜航空摄影并制作实景三维模型，实景三维模型具备真实地形，真实要素，真实环境的特点，能够准确反映三维场景内面积、坐标、高度、环境、空间布局等信息，为本场景的数字化管理提供基础数据保障。

2）车路云协同服务系统

车路云协同系统与路侧边缘计算通过 5G RSU 连通，获取路侧信息，支撑相关应用实现，同时实现对路侧设备的管理功能。车路云协同系统通过应用管理中的对外开放 API 实现与车城网等周边平台对接，为相关系统提供路侧感知信息。车路云协同服务系统分为系统管理、设备管理、应用管理三部分。其中系统管理提供用户角色管理、告警管理、快速标定能力，实现对设备的远程管理； V2X 应用管理包括车辆相关应用配置、场景测试等服务；设备管理系统包括路侧设施运维管理相关服务。

3）车城网平台

车城网平台是一个集城市全要素数字化、抽象化和模型化于一体的综合平台。其核心功能在于将城市的感知数据、空间信息、设施详情以及智能网联数据等多元信息进行深度整合。这一整合不仅为各类上层应用提供了强有力的数据支撑，还通过高效的数据融合、汇聚、存储和处理能力，为城市带来智慧决策和协同感知的能力。这些功能共同构成了车城网平台的核心价值，为城市的交通出行和服务管理提供了智能化的基础设施支持。车城网平台按功能可分为数据融合、数字孪生和数据呈现三个层次。

通过数据融合模块汇聚道路与城市所有数据，提供对系统大数据的基础管控和基础服务支撑功能。数据服务平台提供海量数据的采集、存储、计算、接口服务能力；满足海量、异构的大数据的存储、共享、开放及分析挖掘方面的要求；采用主流的大数据的技术架构，全面满足结构化数据、半构化数据及非结构化数据的存储、处理及计算要求；提供多种数据采集工具；提供接口服务以及二次开发等。

数字孪生模块主要提供一系列支撑车路协同智能接驳与支撑城市应用所需要的开放服务。首先，提供了一套全面的物联网服务，包括设备管理、安全管理和通信协议适配，以支持物联感知设备的无缝集成，旨在确保在智慧城市和智能网联汽车项目中实现安全、高效和可扩展的数据采集和管理。针对路侧和车侧多模态数据的处理问题，研发了可高度定制化的、多通道并发的规则引擎工具，提供针对视频、声音、时序数据、文本数据等多模态数据的计算和处理，提供针对多个数据流+事件流的并行处理机制，发生复杂事件时可通过多种方式进行通知及告警，并通过DTM 事件机制进行系统级响应；针对路侧和车侧等多源异构数据融合问题，开发了统一的大数据融合分析平台，平台支持各类关系型、非关系型数据库、时序数据库、Hive、HTTP 接口等结构化和非结构化数据接入；支持文档、图片、音频和视频的实时处理，提供 200 多种数据分析组件，支持强大的数据接入、ETL、分析和存储功能。 针对智慧城市和智能交通的各种要素，包括建筑物、路网、车辆、路侧设备、地形、管道等，通过数字孪生服务可以将城市里的各类“实体”构建成可模拟、可展现、可计算、可预测的数字对象。通过构建城市要素的 DTM 数字孪生模型，实现城市及交通全要素数字孪生化。DTM 包括类型、属性、特性、指令、动作和关系等多种要素，使用户能够详细定义和定制孪生体的各个方面。此外，提供 Z-Engine 空间计算&动态渲染引擎，支持数字孪生场景的快速搭建以及可视化开发。再者，车城网平台提供综合性的视频汇聚服务，满足多源视频数据的集中管理和展示需求。不仅支持来自多种来源的视频数据的汇聚，包括摄像头和监控设备，还具备实时查询、调取和回放功能。

数据呈现则通过车城融合一体化交互系统实现，在数字孪生的基础上，通过一体化交互系统汇聚各类基础空间和模型数据，实现“车、路、云”各类交通全要素的一体化展示，包括宏观（城市整体交通态势和趋势）、中观（道路的车流状态）、微观（建筑物内外部的细节信息）展示，支撑交通指挥、调度等运营场景。车城融合一体化交互系统将信息、技术、设备与城市指挥管理有机结合，实现了城市实时运行态势监测、辅助决策、协同指挥、展示汇报等多重作用，有效提升跨部门决策和资源协调效率。

4）智能应用

智能应用包括智能接驳运营、交通态势展示等，为提升城市管理与市民出行的服务水平提供支撑。

智能接驳管理系统面向最终用户提供移动端便捷乘车服务，有效提升用户公共出行效率，可通过用户端查看路线、车辆实时位置、预约及购票等；面向运营管理端提供智能接驳应用，实时掌控车辆的运行状况，为营运管理人员提供营运实时状况监测、历史数据统计分析等功能。基于

“车－路－云”的一体化协同，依托智能网联技术和大数据的分析，以及多维交通数据融合系统等关键技术，通过和车载设备的集成，实时掌控车辆的运行状况；通过可视化界面完整追踪车辆历史轨迹，为城市管理者、企业运营者、服务使用者提供直观、便捷地管理服务，降低运营成本。

交通态势展示主要通过车城网平台及车路协同服务对交通路网的数据进行融合分析，提供接驳路线交通总体状态、干线交通状态等交通态势，根据路口拥堵情况，动态显示道路情况，为量化掌握城市交通状态、动态优化交通策略、详细制定交通方案以及交通应急方案等提供有力支持，同时为构建交通特征数字化模型，科学定量化掌握交通状态监控、多层级交通策略制定提供技术和数据支撑。

3. 效益分析

（1）探索智能交通新生态，引领新一轮交通信息产业发展

自动驾驶、车路协同引领智能交通发展新模式，通过本项目的建设有效实现智能交通新模式和新生态的探索，有效搭建智能交通生态平台，为智能网联相关产业和安全绿色的城市智慧交通系统提供明确引导，加快关键新兴技术的研究，推动形成龙头企业带动、关键核心零部件就近配套、研发创新资源集聚、高端人才集聚、业务模式创新的产业生态，实现产业聚集发展，为整个交通信息产业跳跃式发展做好前期的理论论证和技术产品验证，通过交通信息产业发展推动智能驾驶及智能交通产业的快速发展，对于打造智能网联汽车国家先进制造业集群与国家战略性新兴产业集群，培育新兴产业动力源将提供重要支撑。

（2）完善车路协同产业生态，激发经济发展活力

车路协同涉及的产业链不仅有整车和智能网联相关的 RSU、TBOX、 OBU 等设备，还有各类通信芯片、通信模组、终端、传感器、雷达、自动驾驶系统等，专业市场还有小型低速无人车、各类机器人设备等。通过重点培育自动驾驶、5G 移动通信、云计算、大数据等新兴产业，鼓励企业、高校和科研机构，特别是优势企业参与新技术应用研发、落地，创新建设运营体制机制，激发地方经济发展活力，可以带动本土产业发展，吸引相关产业链优势企业落地，促进本地汽车产业链“补链强链延链”，提高产业能级，形成产业集聚，孵化培育未来产业生态链。

（3）推动城市出行模式创新，提升公众出行体验

通过智能化基础设施体系建设，为智能接驳、交通治理等应用场景提供了必要的运行环境，为出行结构变革创造了基础条件。充分发挥车路协同技术优势，借助多种智能交通工具、技术和算法提供安全预警、行为监控引导、道路安全运行等功能服务，为出行者提供实时信息、减低事

故发生概率；为公交出行用户提供更加便捷、人性化的出行服务，为交通运输管理和综治部门保障城市安全运行提供技术支撑。以此为基础，未来出行将更加便捷、高效、安全和舒适。

4.2.3 典型应用案例

案例 1：上海某轨道交通集团大型元宇宙建设项目

承接某轨道交通集团大型元宇宙建设项目，大规模建设数字底座边缘计算集群，利用广告收益平抑管理运营成本，借助绿智融合项目，打造数字底座和算力节点，连接感知系统，以自主研发的数字孪生 3.0 为核心，以智能体建模仿真技术精准掌控客流数字孪生，盘活数据资产，增加数据收益新模式；围绕客流数据建立绿色车站管理大脑，整合机电设备的智能控制系统，降低设备能耗；全面实现智慧车站和绿色车站的目标，落地“人工智能+产业元宇宙”典型应用场景，逐步实现产业链内协同的优势，形成虚实映射、以虚控实、以虚强实的产业元宇宙示范应用场景。

图 4-19 项目建设内容

案例 2：安徽省某经开区双智智能接驳应用场景项目

以双智城市建设为契机，结合该区域园区周边公交、轻轨线路融合度低，员工出行不便的问题，开展智能接驳应用系统建设，沿着规划运营路线循环行驶，为用户提供更为安全、高效、全时运行的末端接驳任务，面向市民生活，打造“车 - 路 - 云”协同的智能接驳系统。智能接驳系统主要包括三大建设内容，首先是智慧城市改造升级，围绕智能接驳路线布设车城通信设施和物联感知设施，升级改造一批智能道路、交通和城市场景，完成智慧城市转型升级。其次是开放共享平台建设，建设标准统一、逻辑协同、支撑多类应用的车城网平台，基于车路实时数据，搭建车城融合一体化交互系统。最后，在车城网平台的基础上搭建交通态势展示以及智能接驳应用。通

过项目建设解决区域交通优化和最后一公里问题，还路于民。面向产业发展，探索自动驾驶应用的全域持续商业运营模式，提升产业配套价值。

图 4-20 车城融合一体化交互系统

4.3 人工智能+园区元宇宙

4.3.1 智慧园区解决方案

1. 方案背景

（1）元宇宙智慧园区建设的目标

在经济快速发展和政府政策的推动下，各类产业园区发展迅猛，规模扩张也越来越明显，对园区信息化要求越来越高，同时对园区服务和管理水平也提出了更高的要求。

园区规划建设整体性越来越强，更加注重各种基础配套设施，以更好地服务促进高新产业的发展。尤其是信息化建设，构建互联互通、资源共享的信息资源网络。

智慧园区建设有五大目标：第一，科技引领目标。通过元宇宙相关技术实现园区全要素的数字孪生，实现园区的智能化管理智能化运营和智能化服务，提高园区的运行效率和服务质量。第二，绿色低碳目标。元宇宙园区将注重环保和可持续发展，通过优化能源结构、提高能源利用效率、降低碳排放等措施，实现园区的绿色发展。第三，产业集聚目标。元宇宙园区将注重产业集聚和发展，通过优化产业布局完善产业链条、提高产业附加值，打造具有竞争力的产业集聚区。第四，开放共享目标。元宇宙园区将注重资源的开放共享，通过加强区域合作推动产城融合、促进人才培养，实现园区内外的资源共享和协同发展。

（2）元宇宙智慧园区建设的意义

智慧园区是智慧城市的重要表现形态，亦是智慧城市建设的缩影，智慧园区建设将高度融合到智慧城市的体系中，提升城市智慧综合感，以进一步提升园区乃至城市的区域竞争力。智慧园

区把人类智慧和智能化技术融入园区发展与管理之中，体现在园区基础设施、安全保障、管理和服务等各个方面，是信息化不断纵深发展的一个综合性表现。另一方面，智慧园区建设已经成为园区开发商、运营商破解可持续发展难题、提升园区吸引力的重要手段。智慧园区将走上网络全覆盖、平台集约化、应用智慧化、运营简单化和节能环保的发展道路，透过核心和关联产业的聚集、人才和知识聚集，达到规模效应，以促进生产力提升。

智慧园区的所有物体都变“活”，将本不会说话的物体通过安装 RFID、二维码、传感器等设备赋予每个物体感知功能，更好地监测和管理智慧园区空间设施设备。

智慧园区平台具有远程控制的功能，并能迅速应对突发状况，并对其做有效处理。如下班后公司员工没有关闭电源，可通过智慧平台，实时远程关闭光源；某个停车场路口拥挤，迅速启动智慧园区导航指引，疏散交通等黑科技运用。

智慧园区作为产业升级和发展的核能加速引擎，是产城融合的最佳实现手段，是生态立园并实现绿色可持续发展的有力保障。智慧园区的建设，正逐渐形成打造智慧城市的基础与底座。智能化园区目前的重点是实现信息共享与智能化管控，相信在未来会有更先进的技术和更高级的功能出现。

（3）元宇宙智慧园区应用角色分析

在园区中有四类角色，政府、企业、运营方和物业各自拥有着不同的任务和工作内容。

政府在园区中主要扮演规划者、监管者和支持者的角色。政府负责制定园区的整体规划和发展战略，包括产业布局、用地规划、交通设施等，确保园区的发展方向符合国家和地区的整体利益。政府通过制定法律法规和政策措施，对园区内的企业和运营方进行监管，保障园区的规范运营和公平竞争。政府为园区提供政策支持、财政补贴和税收优惠等措施，吸引优质企业入驻，促进园区的产业集聚和发展。利用元宇宙提高政务服务效率，如设置虚拟政务大厅，让企业通过虚拟形象办理业务。同时利用 AIGC 技术也可以提升政府办公人员处理公文的效率。

企业在园区中是主体力量，主要承担创新研发、生产经营和社会责任等职责。通过投入研发资金、引进先进技术和人才，推动技术创新和产业升级，提升园区的整体竞争力。企业在园区内开展生产经营活动，提供产品和服务，创造经济效益和就业机会，推动园区的经济发展。

运营方是园区的管理和服务提供者，主要负责园区的日常运营、招商引资和品牌建设等工作。利用元宇宙的数据分析和挖掘能力，运营方可以更加精准地锁定目标投资者。通过对投资者的需求、偏好和实力进行深入分析，运营方可以制定个性化的招商方案，提高招商的成功率和效果。

物业在园区中主要提供基础物业服务、设施维护和环境营造等职责。物业对园区内的公共设施进行定期维护和保养，确保设施的正常运行和使用安全负责，同时也负责园区的清洁、保洁、垃圾处理等基础工作，为园区创造一个整洁、舒适的环境。

2.方案内容

（1）总体架构

新视界智慧园区软件产品是在 NovoVerse 平台基础上，基于元宇宙概念所形成的元宇宙园区软件设计，所以软件的功能设计应该紧贴元宇宙基本思想，利用元宇宙的概念去分析具体场景，包括如何通过构建的数字底座感知边缘侧内容，如何通过 AI 智能分析形成智能决策意见，如何进行闭环控制，以及如何通过数字人降低人机沟通成本，有效提高现有物业管理系统及园区办公运营系统的工作效率，形成企业协同行业协同的办公新环境。

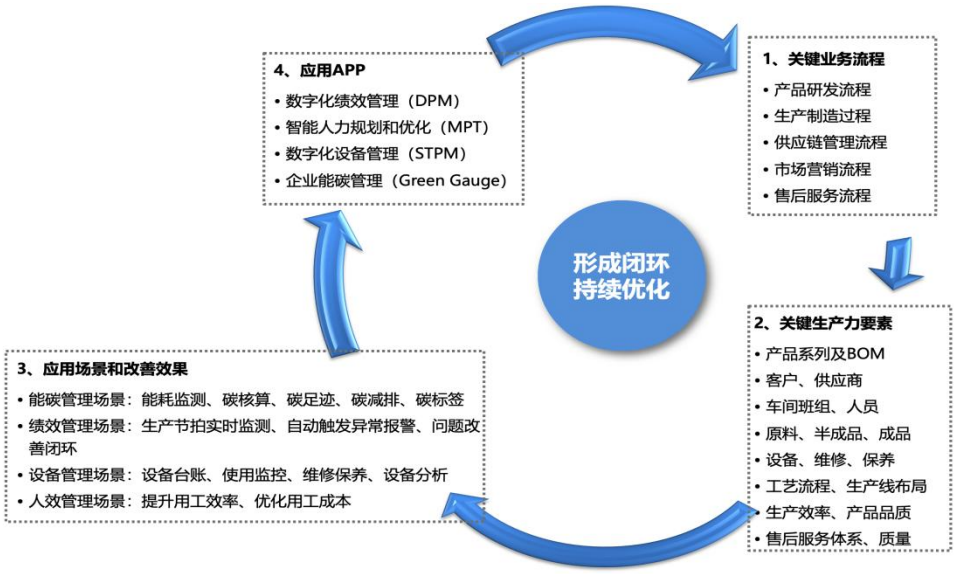


图 4-21 园区元宇宙闭环持续优化

如上图所示，设计元宇宙智慧园区软件需要首先总结园区之中重要的业务流程，针对业务流程总结其中关键生产力要素，然后制定有效的场景优化策略，同时提出 AI 算法对优化起到的作用与预期，最后通过应用 APP 或者边缘 IOT 设·备将决策用于现实，并形成可以持续优化的闭环。

图 4-22 NovoVerse 智慧园区解决方案

如上图，整个元宇宙园区的功能架构均是以 NovoVerse 平台为基础进行设计的，NovoVerse 是整个软件系统的载体。从下往上功能架构分为三层，构建层、应用层和表示层。

构建层通过数字孪生技术首先将整个园区、数据中心等实体进行 3D 建模形成虚实构建的基础，然后利用边缘平台的能力将园区和数据中心中各种实体硬件与管理软件的内容与虚拟实体进行关联形成整个园区的数字底座，包括办公区域、数据中心、公共共享区域、厂区、停车场、餐厅等等。

应用层是整个架构的支柱，应用层分为三个部分，一个是物业管理应用，一个是企业服务应用，第三是企业元空间应用。在前面两个应用中分别包括基础业务系统与业务管家大脑建设两部分，基础业务系统中定义具体场景的业务管理基本功能，大脑则是从基础业务系统里提取数据进行二次加工和分析的智能化与增值部分的功能，大脑的决策和反控则通过业务系统、数字人或其他实体具体表现出来。元空间企业应用包括给企业提供的虚拟会议室、虚拟展厅、虚拟发布会、数字直播等功能，属于元空间虚拟场景的扩充和延展。

表示层顾名思义就是最终的表示方式，应用通过移动端、PC 端进行基本操作，元空间也支持在 XR 设备上进行显示，基于数字底座的数据呈现通过展厅驾驶舱和领导驾驶舱进行展示。数字人形象作为数字大脑最具象化的表现形式，可以出现在任何一个边缘设备上，同时也可以出现在元宇宙一体机上。

（2）业务场景与功能模块

1）物业管理应用功能模块说明

这里的园区物业管理包括了基础物业管理和园区招商运营管理两部分，属于大物业范畴，总结其主要业务活动包括如下几个场景：园区招商行为、园区租户管理与租户行为的管理、园区基本设施的维护与保养、园区安全的监控与监督、园区能源及环境的监管与维护、园区餐厅和公共设施管理、党建工作等。

图 4-23 物业管理应用功能模块

按元宇宙产品设计要求分析每个场景中的关键流程和关键要素，制定基础功能模块包括：企业招商管理模块、租户电子档案管理模块、停车管理模块、园区能源与节能管控模块、园区电子监控与安全模块、设备维保模块、特种设备监管模块、餐饮管理、环境管理模块。同时设计的智脑功能包括：租户画像的生成与分析功能，设备预测性维保及数字人维保语音助手的功能，根据人员密集度自动生成园区巡更的功能，园区人员遇险疏散仿真功能，根据多种因素动态调节照明和空调达到节能目的功能，企业用能动态分析与预警功能，根据厕所使用次数及空气质量动态下达清洁任务的功能，数字人语音交互功能。

2）企业服务应用功能模块说明

企业服务应用对不同企业提供的功能点也略有不同，一种是以办公室为主的产品业务型企业，另一种以生产现场为主的工业企业。办公室企业通常对生产用能需求不是非常强烈但对办公环境要求比较高，工业企业正好相反，对生产的各个业务活动的基本能源的稳定性保证以及安全监管需求非常迫切，但对办公环境与办公智能水平要求不高。因此在产品设计时既需要有针对办公、出行、来访等方面的功能设计，也要有针对工业现场一些特殊场景的功能设计，比如企业降本增效、设计协同、提高品质等方面。

图 4-24 企业服务应用功能模块说明

同样，按元宇宙产品设计要求对应用场景进行分析后，设计的基础业务模块包括：园区门户模块、党建宣传模块、企业管理模块（门禁、停车位）、园区访客管理模块、餐饮服务模块、公共设施服务模块（公共会议室、厕所）、投诉模块。同时设计的智脑功能包括：园区无感通行功能、辅助停车引导功能、分类并优化投诉反馈闭环的功能，企业私有大模型训练功能，数字人语音交互功能。

3）元空间应用功能模块说明

元空间作为元宇宙平台的亮点让企业不再为会议室不够用，展厅没地方，销售能力弱，客户想象力差而发愁了。设计的四个功能完全解决企业销售方案的展示的全部需求。分别设计虚拟线上展厅功能，虚拟在线会议室功能，虚拟发布会功能和产品直播功能。通过这四个功能，企业可以直观展示自己的产品，同时也可以让客户进行远程验厂，把公司最亮眼最有实力的部分直接展示给客户。通过耳目一新的沉浸式体验，提升企业科技感，增强企业对外宣传展示的能力。

3.效益分析

（1）通过政务服务数字人提升政务服务水平

政务服务数字人是一种基于人工智能技术创建的虚拟人物，具备自然语言处理和深度学习等功能，可以在政务咨询中发挥重要作用，提升政务服务水平。通过学习政府政策、资讯、服务流程等资料，训练可以支持政务服务的大模型，在移动端、web 端或者政务大厅一体机上，利用政务服务专有数字人与企业及个人客户进行语音互动，解决政府服务答疑解惑、准备资料、生成申请等工作。

（2）利用大模型为政务公文书写提效

在政府公文写作时，传统的人工撰写方式存在效率低下、易出错等问题。利用 AIGC 技术，实现政府公文的自动生成，提高公文写作效率和质量，减轻人工负担。利用大模型可帮户公务人员提高行文质量与效率，主要步骤如下：第一，收集政府公文的历史数据，包括各类公文类型、

格式、内容等。对数据进行清洗、标注和分类，构建适用于 AIGC 模型的训练数据集。第二，利用深度学习技术，构建 AIGC 生成模型。使用收集到的训练数据集对模型进行训练，通过调整模型参数和优化算法，提高模型的生成效果和准确性。第三，根据用户输入的公文类型、主题和关键信息，调用训练好的 AIGC 模型生成公文草稿。对生成的公文进行自动校验，确保格式规范、内容准确。如有需要，可进行人工审核和修改。第四，设计简洁易用的用户界面，方便用户输入公文相关信息和查看生成结果。提供友好的交互提示和反馈，提升用户体验。

（3）利用大模型提升招商质量

大模型可以用于学习省、市、区多级的招商策略。通过对这些策略进行深度学习和理解，大模型能够帮助园区制定出更加符合上级政策要求和自身发展需求的招商方案。这不仅可以提高招商的成功率，还能够确保园区的发展与上级的规划和战略保持一致。同时，大模型可以结合区域产业结构进行分析。通过对所在区域的产业结构、产业链布局和优势产业进行深入地研究，大模型可以帮助园区确定自身的招商重点和方向。这有助于园区在招商过程中更加精准地引进符合区域产业发展需求的企业和项目，进一步推动区域产业的升级和转型。此外，大模型还可以参考优质产业的动向，及时捕捉新兴产业的发展机遇。通过追踪全国范围内的产业发展趋势、热点领域和新技术应用，大模型能够为园区提供前沿的产业信息和市场动态。这有助于园区在招商过程中保持敏锐的市场洞察力，及时引进具有创新力和竞争力的新兴产业企业。最后，大模型可以收集并整理优质产业链主及产业配套企业的信息。通过对这些企业的背景、业务领域、技术优势和市场地位等进行全面的分析和评估，大模型能够为园区提供更加精准的招商靶向性企业推荐。这不仅可以提高招商的精准度和效率，还能够确保引进的企业与园区的产业定位和发展需求相匹配。

4.3.2 典型应用案例

高碑店元宇宙园区立足于当地企业，将算力中心、政务接待、工业生产企业聚集为一体，为当地企业数字化转型服务提供坚实支撑。在政务服务方面，通过学习大量政策法规文章，形成有高碑店政府专有大模型，通过大模型与政务接待数字人的绑定，大幅提升数字人对政务政策的讲解能力，有效提升政务服务大厅接待能力；通过 AIGC 相关技术自动生成政务报告模板，有效提升政府行文效率。在园区工业企业服务方面，提供园区工业数字底座模型，在此基础上构建虚拟展厅用于企业产品和工艺展示。通过园区服务数字人提供线上线下展厅的讲解服务和问答服务，支持企业用户一键上传知识文档便可以完成知识提取与模型训练。园区运营方面，园区服务数字人从人员活跃度、用能情况、营收状况、行业分析不同维度收集数据，构建企业健康状态模型，用六边形图显示企业不同维度的能力情况，同时给出健康度分析评判值，让运营方一目了然了解到企业现状。通过人工智能、大语言模型、数字孪生、大数据、区块链等技术，为政府、企业、

园区的运营部门以及园区的物业管理部门切实提升工作效率、降低人为失误率、提高服务质量、降低成本。

图 4-25 园区元宇宙

4.4 人工智能+双碳元宇宙

4.4.1 双碳解决方案

1. 方案背景及痛点

国家层面，随着全球气候变化这一挑战日渐严峻，碳达峰与碳中和已成为全球共同追求的宏大目标，中国在第 75 届联合国大会宣言“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年达到峰值，争取在 2060 年前实现碳中和【19】”。中国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要中明确提出推动绿色发展，促进人与自然和谐共生，其中包括“提升生态系统质量和稳定性”“持续改善环境质量”“加快发展方式绿色转型”【2】。2021 年 10 月 24 日中共中央、国务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》正式公布，拉开了碳达峰碳中和“1+N”政策体系亮相的序幕，陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和一系列支撑保障措施。

在双碳行业主要面临以下痛点：

- 政策标准不统一：目前发改委已印发了 24 个行业温室气体核算与报告指南，基本覆盖了全部行业的温室气体排放核算与报告。但是本报告为基础文件，各个地区的核算标准并不相同，没有统一的规范管理。
- 数据监管困难：温室气体核算有其自身的专业性要求，与能源审计、污染审计等虽有一定的关系，但仍存在较大差异，实现三者的融合存在一定困难，而且企业温室气体排放的核算与企业基于碳排放交易形成的碳资产密切相关
- 碳核算准确性难把握：目前企业没有先进的管理手段，以手动录入和系统对接的方式进行统计，缺少实时采集数据的仪器和方法，造成企业数据质量标准不稳定，增加企业运营成本。
- 供应链碳管理难：在“双碳”目标及全国统一大市场的背景下，我国供应链在保证韧性的同时对绿色低碳提出更高要求。 中国企业的供应链管理正面临四大挑战。企业外部运营风险剧增、内部管理效率亟待提升、生态圈协同难度加大、绿色转型迫在眉睫。

2. 方案内容

（1）方案目标

通过虚拟现实、以虚控实、数字底座、大模型等尖端技术，精心打造了一个虚拟与现实交织的双碳元宇宙平台，这个平台汇聚了碳排放数据、能源管理和能效控制、零碳大脑预测与分析、绿色元宇宙会议室等丰富多元的信息和功能，通过运用大数据+算法对能碳资源进行合理分配调度，寻找帕累托最优，以达到能源的充分利用。

双碳元宇宙平台为用户提供了一个全新的、充满科技感的视角来理解和参与碳中和的努力。这个平台通过结合先进的技术，实现了用户从数据采集、数据整合、数据建模、碳足迹跟踪、专属碳知识库、碳排放报告、碳资产交易、决策辅助、调控实施等诸多环节，直观展现并且满足企业碳排放管理的需求，

（2）应用场景

用户可以在这个平台上轻松追踪企业的碳足迹，了解企业设备的活动和行为对环境的影响。用户可以通过数字孪生实现能源可视化，实时观看产品设备的能耗信息，通过可视化看板总览企业各项排控指标的能耗和各类排放源排放情况，净购入电力和热力消费量和排放，做到碳排放管理了然于胸，碳排放报告自动生成。

用户可以在这个平台上建立各种碳账户，管理各类资产登记、交易、转移、质押、注销、清缴等业务；实时采集各大交易机构的碳资产报价、建立碳资产预算和价格模型。碳减排模块将建立不同情境年度下的减排边际成本模型，结合产品生产成本、碳履约成本、减排成本、碳资产

价格等因素，为企业提供相关的交易决策信息。并管理减排项目的项目数据衡量机制、减排目标任务跟踪，建立减排项目评价体系。

用户可以为企业定制履约和交易应用。履约管理流程将按照国家生态环境部门的业务流程，在企业内部通过数智化手段优化管理流程，发现过程风险和通过 AI 算法帮助企业制定最佳履约策略。碳资产交易模块中，将通过各种交易辅助工具，来帮助企业制定内部和外部的交易方案。

在元宇宙世界中，用户可以以 3D 虚拟形象参加虚拟会议和发布会，这不仅提高了会议的趣味性和互动性，还大大降低了由于实体会议产生的碳排放，实现绿色会议。

平台还提供了用户专属的双碳知识库，帮助用户更加深入地了解碳排放和碳中和的相关知识，提升企业、团队和个人的环保意识。

此外，平台还利用零碳大模型对用户进行能碳消耗预测和预警，帮助用户合理规划电力使用，避免高峰期用电，从而实现错峰用电和资源的合理分配。这不仅有助于降低用户的能源消耗，还能在一定程度上缓解电网的压力，推动可持续能源的发展。

总的来说，双碳元宇宙平台通过先进的技术手段，将双碳的理念融入到我们的日常生活和工作中，为实现双碳目标提供了新的可能性和路径。

（3）方案概述

基于数字底座，通过 DTOS 数字孪生操作系统和四大核心引擎打造基于元宇宙“1+4+N”的双碳元宇宙管理平台，构建智能微电网系统、碳核算系统、碳交易系统、双碳数字人知识库、元宇宙绿色会议等智能化应用管理系统。

图 4-26 双碳元宇宙解决方案架构

➢ **打造碳核算系统让“碳”有迹可循，有数可用**

以联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change，IPCC）为基准库打造覆盖各行业的能碳核算引擎。涵盖国内外碳排放因子，基于内置的碳核算模板、标

准、算法，通过自动导入或人工补充填报数据后，平台可以计算出不同行业不同边界、不同范围的碳排放量。

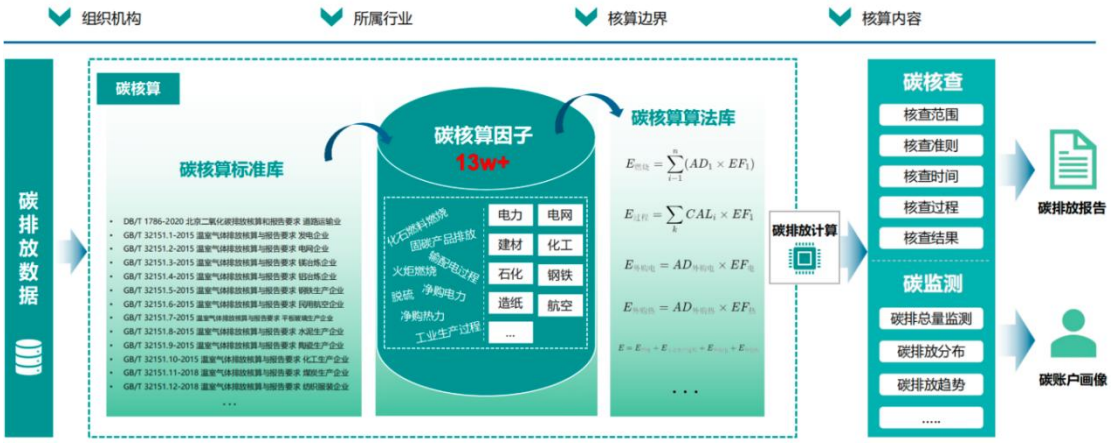


图 4-27 碳核算系统

针对各行业典型碳排放场景，以碳监测溯源，以提升能效减排，以绿电及衍生产品中和助力园区及企业实现碳中和。通过碳核算管理系统，适应不同的企业需求，为用户提供碳排放全生命周期的监测，通过碳捕获、碳排放核算、碳排放统计数据分析及数字化应用，建立用户零碳供应链管理考核指标，打造绿色供应商体系，最终生成碳排放报告。

图 4-28 碳排放报告

基于平台对企业自身碳排放、能源消耗、资源消耗等环境数据的核算结果，结合产品应用积累的行业、区域的平均水平采取的改善环境绩效举措，为企业从减碳、节能、投资、交易四个维度提供评估及策略，助力企业实现碳综合及可持续发展目标。

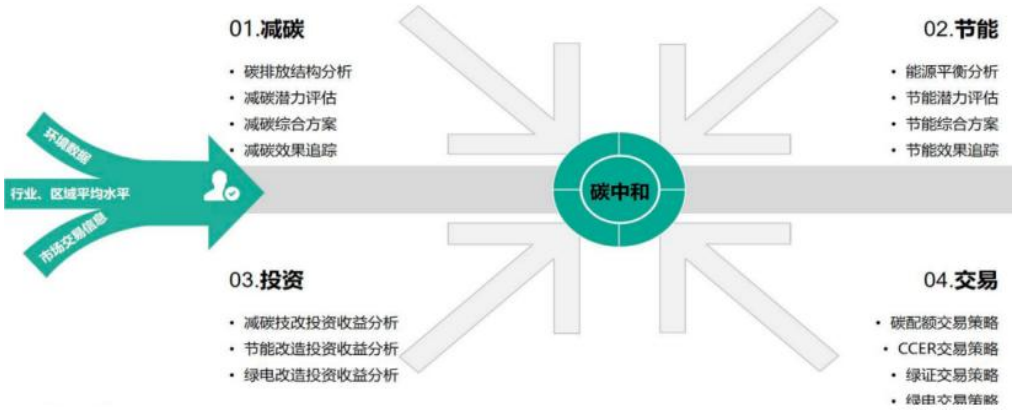


图 4-29 多维度评估

➢ **设备能源虚实映射**

首先需要对园区内的各类能源设备进行全面的数字化建模。这包括通过传感器、仪表等数据采集设备，实时获取设备的运行状态、能耗数据、维护记录等信息。然后，将这些数据输入到数字孪生平台中，构建出与实体设备高度一致的虚拟模型。

通过数字孪生平台，管理人员可以实时监控设备的运行状态，及时发现异常情况并采取相应的处理措施。同时，利用大数据分析和人工智能技术，可以对设备的运行数据进行深度挖掘，预测设备的维护需求，实现预测性维护，避免设备因故障而停机，提高设备的利用率。

此外，数字孪生技术还可以帮助管理人员对园区的能源使用进行优化调度。通过对各类能源设备的运行数据进行综合分析，可以找出能源使用的瓶颈和优化空间，制定更加合理的能源使用方案，降低园区的能耗成本。

最后，数字孪生技术还可以为园区的能源设备管理提供智能决策支持。通过构建决策支持模型，可以对不同的管理方案进行模拟和评估，帮助管理人员选择最优的管理策略，提高园区的整体运营效率。

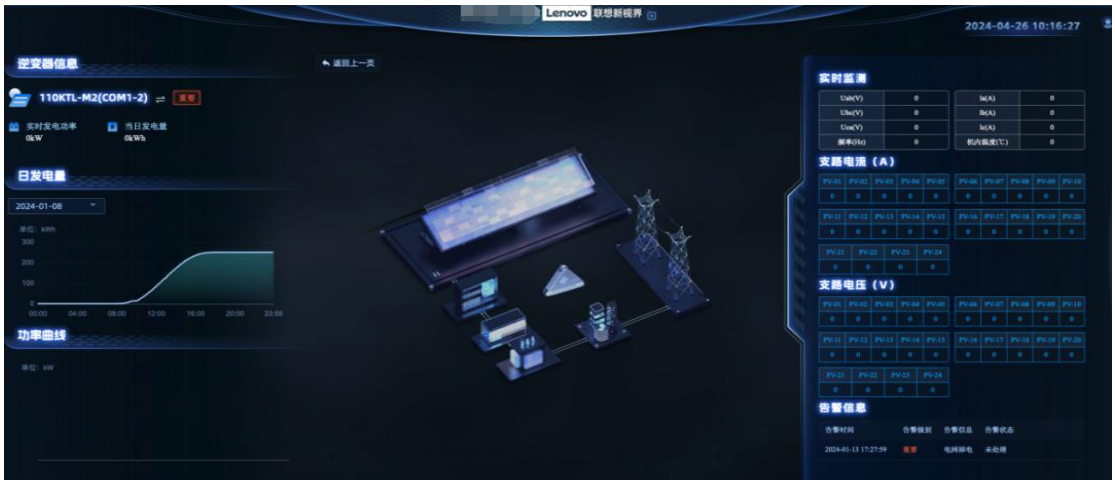


图 4-30 数字孪生能源监控

➢ **通过智能微电网系统打造零碳大脑，对能效进行环控调节**

为用户提供智能微电网解决方案，建设多种可再生能源资源，和能源存储设备等，结合先进的能量存储技术和智能控制系统打造企业的零碳大脑，实现能源指标可视，能源消耗可控，能源峰值可预测。能实时展示发电情况。同时可接入企业内各用电电表，实现企业的能源数字化管理，提高企业能源管理的效率。采集发电单元等的数据，同时监测区域内的环境因素，将采集到的设备数据和环境数据传输到碳核算系统平台。通过大数据对能源运行数据和需求侧数据进行深度分析，实现精准的需求侧响应、发电量预测。7*24 小时实时精准展示市电、发电系统的运行数据。

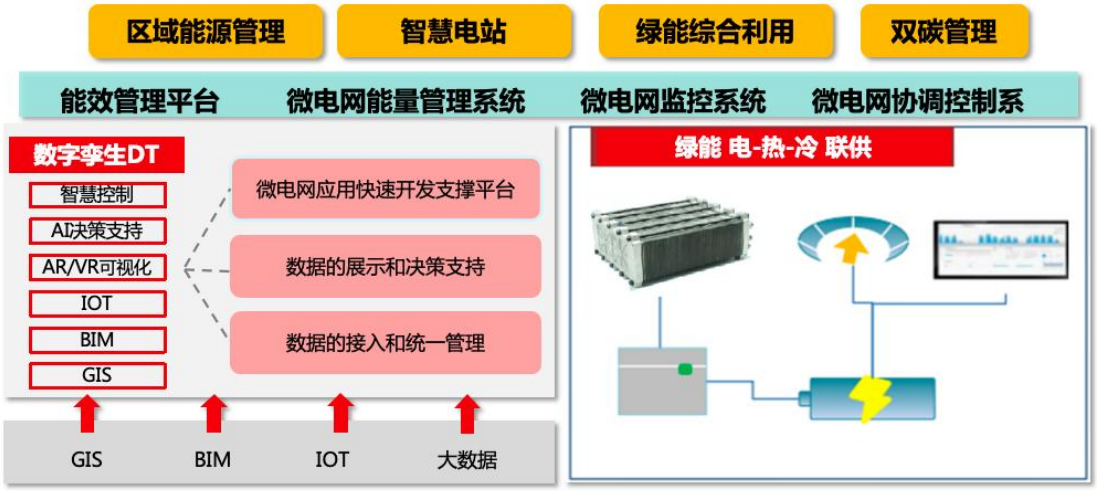


图 4-31 智能微电网解决方案

➢ **探索新能源应用，推进零碳替代化**

氢气是一种极高能量密度与质量比的新能源，将清洁能源如太阳能、风能和水能等清洁能源发电过程中的大量弃电制备低成本的绿色氢气用作储能介质，并在工业用途、天然气掺氢、直接燃烧或燃料电池发电中使用，构建了一个高效、清洁、可持续的“无碳”经济循环。这种转变不仅可以有效减少碳排放，还有助于工业实现低碳甚至零碳产业，推动整个产业链条向更环保的方向发展。

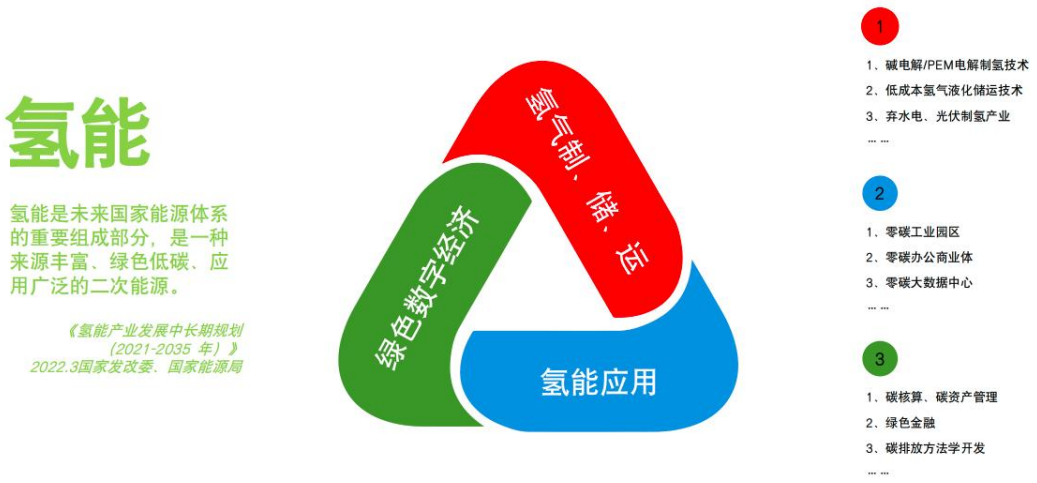


图 4-32 氢能经济循环

大功率氢燃料电堆“冷热电联供”系统：氢燃料电堆是将氢气和氧气的化学能直接转换成电能的发电装置；以氢燃料电堆为核心，构建兆瓦级供电系统；配合“冷热联供”系统，实现能源高效利用。

图 4-33 氢能全生命周期应用

“多功能氢能汽车”，构建协同高效的产业体系：为加快基础设施建设，充分利用氢能公交车、氢能物流车、氢能工程车、氢能环卫车等氢能汽车，推动多元应用，构建协同高效的产业体系。

- 本质上，氢能汽车还是一台电动汽车。
- 相比于氢内燃机，不用点燃的燃 料电池自然要安全。
- 相比于直接燃烧氢气做功，氢燃 料电池的利用效率也更高。
- 更重要的是，相比于纯电动车， 氢燃料电池无需长时间的充电，即便是大型公交车，加注燃料也仅需要 10 分钟左右。

产品功率	45 kW	47 kW	68.5kW	86 kW	113 kW
工作环境温度	0~45℃	-20~45℃	-30~45℃	-30~45℃	-30~45℃
额定效率	58%	58%	61%	61%	65%
防护等级	IP55	IP55	IP67	IP67	IP67
设计寿命	> 10000h	> 10000h	> 15000h	> 15000h	> 10000h
使用场景	公交、客车	公交、客车	公交、物流	物流、环卫	重卡

图 4-34 多功能氢能汽车

数据中心作为高耗能单位，减排压力巨大。2021 年 12 月，国家发改委发布《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》的通知。要求各地对于规模超过 100 个标准机架的数据中心加强用能管理。《方案》中提出支持模块化氢电池等在小型或边缘数据中心的规模化推广应用。

采用氢燃料电池-冷热电联供，建设国内乃至全球首个零碳数据中心：全面替代常规市电作为数据中心主要电源；同时利用电堆余热辅以双效换热制冷技术替代原有空调系统，双管齐下，节约数据中心运行成本的同时，降低碳排放量，成为“绿色数据中心”新示范。

利用先进的温水 - 水冷技术，大幅降低电力消耗的同时提供世界领先的强大计算能力：联想开创性采用 50℃温水 - 水冷技术提供整体制冷方案，节省 40%的制冷散热成本，极大地提高数据中心计算密度，打造了低能耗低 PUE(Power Usage Effectiveness)（低至 1.1）的数据中心。

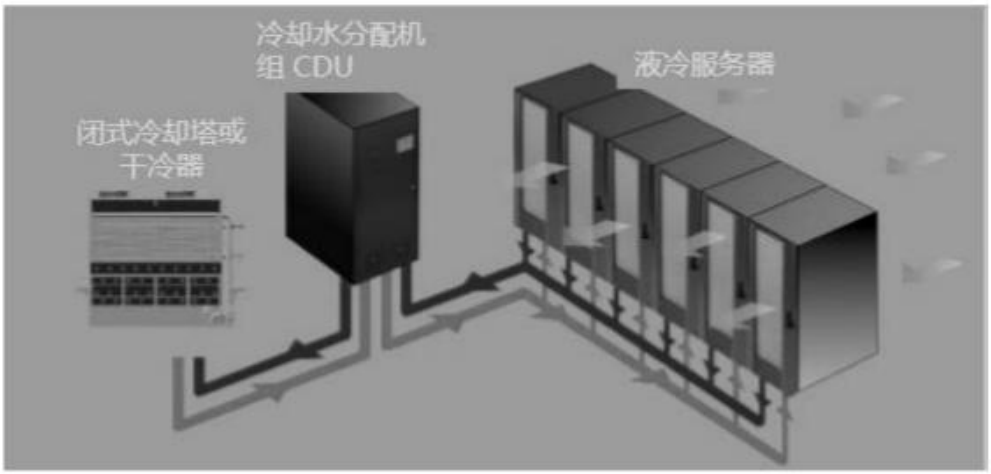


图 4-35 联想液冷服务器

3. 效益分析

（1）经济效益

用户可以通过双碳元宇宙平台，企业得以实时监测和调控能源消耗，智能化地进行能源调峰，有效利用可再生能源，并根据历史数据预测生产负荷，提前调整能源供应，以确保生产过程中的稳定能源供应。这一过程中，还能及时发现和解决能源浪费问题，降低能源成本，提升能源利用效率，从而为企业节省大量资金，优化生产效率，进而增强企业的核心竞争力。

用户可以利用双碳元宇宙平台通过大数据分析和模型分析等手段，有效统计企业的碳排放情况，并基于数据结果采取相应的减排措施。这一过程不仅提升了碳排放统计的准确性和高效性，还降低了碳排放核算的门槛。通过系统生成的权威碳排放报告，企业能够清晰地了解自身的碳排放情况，有针对性地制定减排策略，从而更好地履行企业社会责任，提升环境友好形象。

（2）社会效益

通过提升碳排放统计的准确性和高效性，系统还有助于建立更加健全的碳市场机制，促进碳交易与碳金融的发展，推动全社会朝着低碳经济的方向迈进。

通过实施减排措施，系统有助于降低企业的碳排放量，减少对环境的污染，改善空气质量，保护生态环境，从而造福整个社会，环境质量将得到显著改善。环境和空气质量的改善将直接影响到人们的生活质量和健康水平，为居民创造更加宜居的生活环境。

有助于推动绿色经济的发展。通过优化能源结构和减少碳排放，企业能够降低生产成本，提高市场竞争力，从而吸引更多的投资进入绿色产业。这将促进绿色产业的快速发展，促进了可持续发展理念的普及与实践，引领企业朝着低碳、环保的方向发展，推动了社会的绿色转型。

4.4.2 典型应用案例

承接陕西省某集团新型建材产业园智慧碳科技数字能源管理绿色示范项目，建设 1.5MW 绿能发电系统、碳核算系统平台、数字能源管理系统平台以及配套的双碳体验和展示中心，建设企业零碳大脑，为企业算碳、管碳和减碳，实现“可见、可管、可预、可控”的闭环管理目标。采集相关各类碳排放数据，建设覆盖企业全流程、全工序、全品种的碳数据平台，该平台能对该园区的碳排放进行监测、报告与核查 MRV(Monitoring, Reporting, Verification)，一键生成符合行业核算指南的碳排放报告和补充数据表。通过引导式的步骤，一站式设置企业的核算边界、排放源、排放因子和活动水平数据，并建立相应的监测计划。根据生产计划和实际产能动态预测履约盈缺，自动匹配集团内各企业内部交易，制定最优的履约计划和交易计划。通过该平台为企业实现了碳达峰碳中和，提供了高效、高可靠、高容错及更高纠错能力的持续跟踪，分析和评价了企业碳减排手段的效果，帮助了企业实现降本增效。

图 4-36 陕西省能碳大脑

4.5 人工智能+中小企业元宇宙

4.5.1 中小企业解决方案

1、方案背景及痛点

中小企业贡献了我国 50%以上的税收、60%以上的 GDP、70%以上的技术创新、80%以上的城镇劳动就业、90%以上的企业数量【18】。中小企业是制造业数字化转型的主战场，是实体经济发展的主力军。但是相较于大型企业，中小企业在数字化转型中面临的困境更加突出。概括来说，主要有以下问题：

1）系统资源分散、数据孤岛现象严重

中小企业的 IT 资源往往分散在各个部门或项目中，缺乏统一的管理和调度，导致资源浪费和效率低下。由于系统间缺乏整合，中小企业的数据往往分散在各个系统中，形成数据孤岛，难以进行有效的数据分析和挖掘。此外，由于缺乏专业的安全团队和工具，中小企业的数据安全性较低，容易受到黑客攻击和数据泄露的威胁。

2）基础设施陈旧老化、可扩展性差以及维护升级成本高

许多中小企业的基础设施陈旧，如机房设备、网络设施等，这些设施难以满足当前数字化运营的需求，导致运营效率低下，且存在安全隐患。此外，传统的基础设施架构难以适应快速变化的市场需求，当企业需要扩展业务时，往往面临重新构建或升级基础设施的困境。新建或升级基础设施需要大量的资金投入，这对于资金有限的中小企业来说是一个巨大的挑战。

3）技术门槛高，定制化需求难以满足

IT 技术更新换代迅速，大数据、人工智能、数字孪生等先进技术对于中小企业来说门槛较高，中小企业缺乏相关的技术人才和经验，往往难以跟上技术更新的步伐，导致技术落后和竞争力下降。此外，每个中小企业的业务需求和场景都不同，需要定制化的技术解决方案，但市场上缺乏能够满足这些需求的产品和服务。

4）创新能力缺乏，传统业务模式难以适应市场变化

中小企业的供应链往往较为繁琐，缺乏高效的供应链管理工具和方法，导致供应链效率低下，成本高昂。此外，由于资金和人才的限制，中小企业往往缺乏创新能力，难以开发出具有竞争力的新产品或服务。随着消费者需求的变化和市场竞争的加剧，传统的业务模式已经难以满足市场需求，中小企业需要寻找新的业务模式来应对市场变化。

2、方案内容

（1）方案目标

通过帮助中小企业实现数字化转型并提与产业元宇宙融合，提升其竞争力。联想新视界将通过提供先进的基础设施、智能化的资源管理、创新化的技术应用和数字化的业务模式，以及产业元宇宙的融合策略，为中小企业打造一个全面、高效、智能的数字化转型解决方案。具体来说，目标可概括为“四化”：

1）基础设施现代化：通过引进先进的信息技术基础设施，包括云计算、高速网络和物联网等，为中小企业提供一个稳定、高效、可扩展的底层支撑，帮助中小企业摆脱传统基础设施的束缚，实现业务的快速部署和扩展。

2）资源管理智能化：通过采用大数据、人工智能等先进技术，对中小企业的资源进行智能化管理。这包括数据的集中存储、分析、挖掘和可视化，以及资源的统一调度和优化配置。通过智能化管理，中小企业可以更加高效地利用资源，降低成本，提高运营效率。

3）技术应用创新化：针对中小企业在技术应用方面的痛点，我们将提供定制化的技术解决方案，满足其特定的业务需求。同时，不断跟踪和引入最新的技术趋势和创新应用，帮助中小企业保持技术领先和竞争优势。

4）业务模式数字化：通过数字化转型，中小企业可以重新设计其业务模式，以适应市场的变化和满足消费者的需求，协助中小企业构建数字化的供应链、销售渠道和客户服务体系，实现业务的全面数字化和智能化。

5）产业元宇宙融合：产业元宇宙为中小企业提供了一个全新的发展空间和机遇。通过与产业元宇宙的融合，中小企业可以拓展其业务范围，参与虚拟世界的建设和运营，并借助元宇宙的技术

和平台，实现与其他企业和消费者的深度互动和合作，为中小企业带来更多的商业机会和增长空间。

（2）方案架构

基于中小企业数字化转型的层次和阶段，以及企业对技术、资源和应用的需求，可将中小企业数字化转型解决方案分为 L1 至 L5 五个层级。平台通过提供 SaaS 服务，以满足中小企业在资源、预算和技术专业知识方面的独特需求。通过订阅模式按需支付软件使用费用，而无需进行昂贵的前期投资，节省成本。SaaS 服务具备可扩展性，随着企业的发展，SaaS 服务可以轻松扩展，以适应不断变化的业务需求。此外，还为中小企业提供 SaaS 的定制化解决方案，以满足特定的业务需求。通过使用 SaaS 服务，中小企业能够提高其产品和服务的质量，增强市场竞争力。通过人工智能+产业元宇宙的先进技术支持中小企业的数字化转型，帮助它们利用先进的技术提高业务智能和决策能力。

下面对各个层级进行介绍：

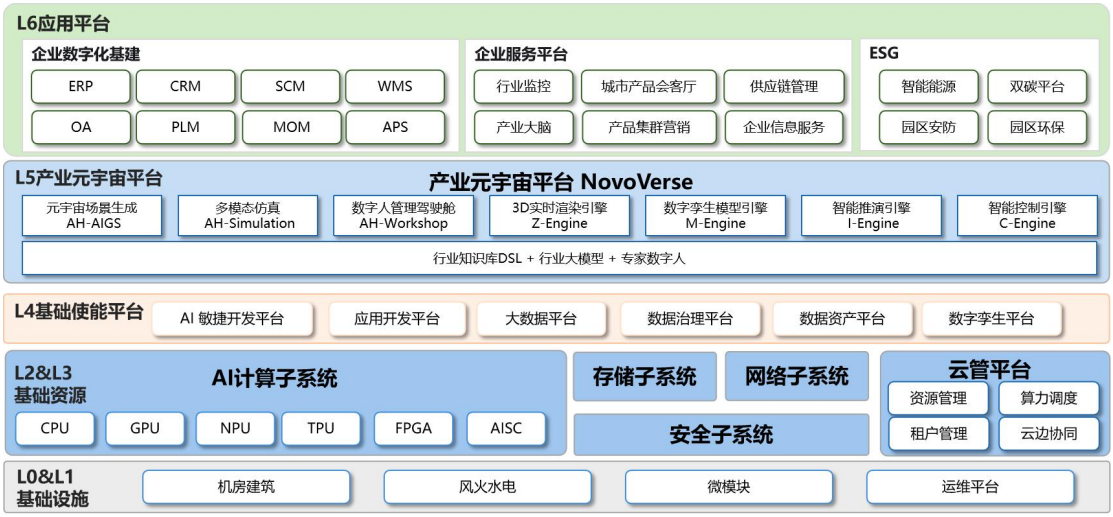


图 4-37 中小企业元宇宙功能架构

1）L0&L1：基础设施改造

L0 和 L1 层级构成了数字化基础设施的基石，主要关注于机房、风火水电等物理环境的改造以及微模块、运能平台等物理基础设施和基础运行环境建设，基础设施的改造和建设是数字化转型的基础，为企业提供了稳定、可靠、高效的运行环境。

在 L0 层级，企业需要对传统的机房进行升级优化，以满足高密度、高效率、高可靠性的计算需求。机房作为企业 IT 设施的核心，其环境稳定性直接影响到整个 IT 系统的运行。在这一层级，企业需要对机房进行全面的检查和评估，包括风火水电等基础设施的完善，确保机房的温湿度、电源供应、空气流通等满足高标准的要求。此外，企业还需要关注机房的安全性和可访问性，确保机房的进出管理、视频监控等措施得到有效执行。

L1 层级则聚焦于机房内部的基础设施升级。通过风火水电的改造则确保机房环境的稳定性，避免因外部环境变化而对计算设备造成损害。同时，为了提高基础设施的可靠性和可维护性，企业还需要引入微模块和运能平台等新技术和管理模式。通过微模块技术可以将 IT 设施划分为多个独立的模块，每个模块都具备独立的供电、制冷和监控功能，从而提高了系统的可靠性和可维护性。微模块的应用使得机房的布局更加灵活，能够快速适应业务的变化。运能平台的建设则通过智能化手段对机房的运行状态进行实时监控和管理，提高运维效率，及时发现并解决潜在问题，确保 IT 系统的稳定运行。

2）L2&L3：基础资源建设

L2 和 L3 层级主要关注企业基础资源建设，包括 CPU、GPU、NPU(Neural Processing Unit)等 AI 子系统、存储、网络、安全子系统以及云管平台。这些资源是支撑上层应用的关键，是企业进行数字化转型所必需的，为企业提供了强大的计算能力、数据存储和传输能力，以及安全保障能力，其性能和稳定性直接影响业务的表现。

在 L2 层级，帮助企业构建 AI 子系统，包括 CPU、GPU、NPU 等计算资源。这些计算资源是支撑 AI 应用的基础，它们提供了强大的计算和数据处理能力，使得企业能够处理海量的数据，实现复杂的分析和预测，同时能够利用先进的计算资源进行深度学习、图像处理等复杂计算任务。

在 L3 层级，帮助企业构建存储、网络和安全子系统。存储子系统负责数据的存储和管理，需要具备高可用、高性能、可扩展等特性。网络子系统则负责数据的传输和通信，需要保证数据的传输速度和安全性。安全子系统则负责保障整个 IT 系统的安全性，包括防火墙、入侵检测、数据加密等措施。此外，企业还需要引入云管平台对整个 IT 资源进行统一管理和调度，实现资源的最大化利用和高效管理。

3）L4：基础使能平台建设

L4 层级主要关注于为企业提供使能平台的能力，这些平台包括大数据、物联网、数字孪生、AI 敏捷开发、应用开发、数据治理、数据资产平台等。这些平台提供了丰富的工具和服务，帮助企业快速构建和部署业务应用，加速企业的数字化转型进程。

通过大数据平台可以对海量的数据进行存储、处理和分析，为企业提供有价值的信息和洞察。物联网平台则连接各种设备和传感器，实现数据的实时采集和监控。数字孪生平台则通过构建虚拟世界的模型，实现对物理世界的模拟和优化。这些平台为企业提供了丰富的数据源和工具，帮助企业更好地了解市场和客户需求，优化产品和服务。除了基础的数据处理平台外，L4 层级还包括 AI 敏捷开发平台、应用开发平台和数据治理平台。AI 敏捷开发平台提供了快速构建和部署

AI 应用的能力，加速企业的创新步伐。应用开发平台则支持各种业务应用的开发和部署，满足企业的业务需求。数据治理平台则负责管理和保护企业的数据资产，确保数据的合规性和安全性。

4）L5：产业元宇宙平台建设

L5 层级是数字化转型的高级阶段，通过产业元宇宙构建虚拟世界的模型，实现对物理世界的模拟和优化，基于领域模型、四大引擎（Z-Engine、M-Engine、I-Engine、C-Engine）、元宇宙场景生成、数字人管理驾驶舱等工具，为企业提供了全新的业务场景和商业模式，帮助企业拓展业务范围，提升竞争力。

- 领域模型：行业领域大模型是 L5 层级的核心组成部分，它基于深度学习和大数据技术，对行业知识进行了全面的整合和建模。通过对海量行业高质量数据、行业 Know-How 的分析和挖掘，行业领域大模型能够洞察行业的内在规律和趋势，为企业提供精准的决策支持。同时，它还能够根据企业的业务需求，快速生成定制化的业务模型，帮助企业实现业务创新和优化。
- 四大引擎：多模态仿真引擎是元宇宙中的全生产要素仿真工具，通过对物理世界的全生命周期数据、物体的静态属性（几何模型）、实时状态（IOT 数据模型）和发展变化规律（机理模型）等进行全面仿真，实现数字世界对物理世界的全真模拟和优化预测。3D 渲染引擎是元宇宙场景呈现的基础，利用计算机图形学技术，将虚拟世界的场景以逼真的 3D 效果呈现出来。通过 3D 渲染引擎，构建出各种复杂的虚拟场景，如工厂车间、产品展示厅等，为用户提供沉浸式的体验。智能推演引擎是元宇宙中的智能决策工具，利用人工智能和机器学习技术，对虚拟世界中的数据进行实时分析和预测。通过智能推演引擎，企业可以模拟出各种业务场景，进行风险评估和决策优化，提高业务效率和成功率。智能控制引擎是元宇宙中的自动化管理和控制工具，利用物联网和自动化技术，对物理世界中的设备、业务系统和指标等资源进行实时监控和控制。通过智能控制引擎，企业可以实现设备的远程操控和自动化管理，降低运营成本和提高设备利用率。
- AH-AIGC 元宇宙场景生成：利用虚拟现实技术，根据企业的业务需求和场景需求，快速生成各种虚拟场景，包括工厂车间、产品展示厅、会议室等实际场景，也可以是虚构的创意场景。例如，AH-AIGC 可以根据用户输入的参数和要求，结合立体仓库专业知识，设计立体仓库物流路径和建筑布局，最终生成立体仓库的 3D 场景和业务仿真系统。整个立体仓库仿真应用的生成过程，用户只需要关注输入的参数和要求是否完整且符合业务需要，无需关注技术实现和底层设计逻辑，操作门槛大幅度降低。

- 数字人驾驶舱：数字人驾驶舱是 L5 层级中的智能管理中心，它集成了各种智能技术和数据分析工具，为企业提供了全面的业务监控和管理功能。通过数字人驾驶舱，企业可以实时掌握业务动态和运营数据，进行风险评估和决策优化。同时，数字人驾驶舱还支持多种交互方式，如语音控制、手势识别等，提高了用户的操作体验和便捷性。

5）L6：应用平台

L6 层级主要关注于企业的业务需求和应用场景，涵盖了企业数字化基建（如 MES、ERP、PLM 等）、企业服务平台（如供应链管理、产业大脑、产品集群营销、行业监控、企业信息服务等）以及 ESG（Environment, Social, and Governance）平台（如智能能源、园区安防、园区环保、双碳平台等），这些应用平台直接面向企业的业务需求，将企业的各个业务环节紧密连接起来，实现业务的全面数字化和智能化。

- 企业数字化基建：在这一层级，企业需要构建企业数字化基建，包括 MES、ERP、PLM 等系统。这些系统将企业的各个环节紧密连接起来，实现业务流程的自动化、标准化和智能化，提高生产效率和管理水平。具体来说，MES 系统可以实时监控生产线的运行状态，优化生产流程，提高生产效率；ERP 系统则可以帮助企业实现资源的优化配置，提高管理效率；PLM 系统则可以对产品从设计到生产的整个生命周期进行管理，确保产品质量和交货期。
- 企业服务平台：L6 层级还包括企业服务平台的建设，如供应链管理、产业大脑、产品集群营销、行业监控、企业信息服务等。这些平台为企业提供了全面的服务支持，帮助企业更好地应对市场变化和客户需求。例如，供应链管理平台可以优化企业的供应链流程，降低库存和物流成本；产业大脑则可以通过大数据和 AI 技术为企业提供决策支持；产品集群营销平台可以帮助企业快速推广新产品，扩大市场份额；行业监控平台则可以实时监测行业动态，为企业提供市场预警和竞争情报；企业信息服务平台则为企业提供了丰富的信息资源和服务，如市场调研、法律咨询、财务咨询等。
- ESG 平台：随着全球对可持续发展和环境保护的重视，ESG 已经成为企业发展的重要方向。在 L6 层级，企业需要构建 ESG 平台，包括智能能源、园区安防、园区环保、双碳平台等。这些平台可以帮助企业实现节能减排、资源循环利用、安全生产等目标，提高企业的社会责任感和竞争力。

中小企业数字化转型的 L0 至 L6 层级构成了一个完整的架构体系，从基础设施的改造和升级，到基础资源的建设和管理，再到使能平台的构建和应用平台的建设，整个架构体系为企业提供了全面的技术支持和业务支持，帮助企业实现数字化转型的目标。同时，随着技术的不断发展

和市场的不断变化，架构体系也将不断演进和完善，为中小企业的可持续发展提供更加强有力的支撑。

3、效益分析

（1）经济效益

1）增强企业创新能力，提高中小企业市场竞争力

通过引入领域模型等先进技术，帮助中小企业可以更好地理解客户需求，快速调整产品和服务，从而提高市场竞争力。此外，通过引入新技术、新工艺等，帮助中小企业快速开发出更具创新性和竞争力的产品和应用，以满足市场多样化的需求。

2）促进企业降本增效，增强供应链稳定性

通过自动化、智能化和优化的生产流程，帮助企业能够减少人力、物力和时间上的投入，实现成本的有效控制。此外，数字化还可以优化供应链管理，提高供应链的透明度和效率。通过实时追踪和预测分析，企业可以更好地管理库存，减少物流成本，提高响应速度，这有助于企业降低库存积压和缺货风险，提高供应链的稳定性和可靠性。

2）社会效益

1）优化产业结构，提升我国经济高质量发展

数字化转型可以推动中小企业向高端化、智能化、绿色化方向发展，优化产业结构。这有助于提升国家产业的附加值和竞争力，推动经济高质量发展。此外，中小企业是国家经济的重要组成部分，其数字化转型可以显著提高生产效率、降低成本、优化资源配置，从而增强整体经济实力，转型升级后的中小企业能更快地适应市场变化，提高创新能力，推动产业升级，为国家的经济发展注入新的活力。

2）增强国家竞争力，推动我国社会可持续发展

在全球经济一体化的背景下，数字化转型的中小企业能够更快地响应市场需求，提高产品质量和服务水平，增强国际竞争力。同时，数字化转型还可以促进中小企业与国际市场的接轨，拓展国际市场，为国家带来更多的贸易机会和经济效益。此外，ESG 等数字化转型举措可以推动中小企业在环保、节能、减排等方面的改进，降低对环境的负面影响，促进社会的可持续发展。

4.5.2 典型应用案例

根据《财政部工业和信息化部关于开展中小企业数字化转型城市试点工作的通知》，包括天津滨海新区在内的 30 个市（区）纳入第一批试点范围。在此背景下天津市滨海新区遴选了联想新视界作为海洋装备行业的主承包商，对区域内 115 家中小企业进行数字化转型改造，重点面向三四级企业、小灯塔企业、链式企业，打造典型案例。联想新视界牵头对 115 家中小企业进行走

访，通过咨询诊断、顶层规划、方案设计、全过程咨询，帮助企业认识自身数字化发展水平现状、存在短板，提出企业数字化转型的问题、规划、目标、实施路径、技术方案、供应商选型、数字化转型整体估算及效果分析，帮助企业进行数字化转型项目的落地实施，项目将于 2025 年底组织验收，并形成滨海新区数字化转型的典型案例。

图 4-38 天津滨海新区中小企业咨询诊断

第五章 人工智能+产业元宇宙未来展望

5.1 打造业界最佳典范

联想新视界成立 11 年以来，凭着不断探索实践、勇于转型变革的精神，正从业内领先的 XR 领域产品及解决方案供应商转型为以元宇宙和智能一体机设备为基础，以行业赋能为转型目标，为客户提供产业数字化的整体解决方案的服务提供商，并逐步成为推进行业面向未来的产业数字化进程中的重要力量。

联想新视界的愿景是打造业界最佳产业元宇宙应用典范。通过以领域大模型为核心大脑，提升对海量的行业数据、行业 Know-How 的高效学习和处理能力；在领域大模型驱动下，以 AIGC 技术为关键手段，以专家数字人为交互媒介，通过自然语言交互自动生成设计场景、孪生场景、仿真场景、自动化系统、信息化系统，以及业务指标体系，从而实现对物理世界的数字孪生、仿真推演以及以虚控实，通过“数字孪生 - 仿真推演 - 以虚控实”的价值闭环，实现企业效率、运营、成本等的持续优化。

联想新视界的产业元宇宙愿景必须依靠行业生态圈各企业共同的努力。通过构筑领先能力，将先进的产品及解决方案落地在制造业等产业中，一步步超越客户期望，推动客户逐步向人工智能+产业元宇宙的方向转型，以先进技术助力产业升级，推动产业智能、绿色、可持续发展。

5.2 加快数字资产化进程

通过人工智能+产业元宇宙加速了高价值数字资产的积累。首先，数字孪生的 DTM 模型是一种集成了物理世界与数字世界的模型，能够实时反映物理实体的状态和行为，在智能制造、智慧城市、智能交通等各个领域都有广泛应用。通过人工智能技术，DTM 模型可以实现更精准的数据分析和预测，为决策提供有力支持。随着数据的不断积累和模型的优化，DTM 模型本身也成了一种高价值的数字资产。此外，通过大模型、AIGC、专家数字人等技术生成高度逼真的数字孪生场景、推演过程、自动化系统、信息系统，以及各类管理指标。通过场景生成模拟真实世界的各种环境和情况，提供了在真实环境中难以获得的实验条件；通过模拟和推演复杂的系统或流程的运行过程，包括预测可能的结果和潜在的问题，辅助决策制定、风险评估和危机应对；通过生成和优化自动化系统，自动执行各种任务和流程，帮助提高生产效率、减少错误和降低成本；通过生成管理信息系统收集、存储、分析和展示各种数据和信息，帮助企业做出更好的决策。由 AIGC 自动生成上述内容都是重要的高价值数字资产，这些资产能够帮助企业更好地理解和控制

系统的运行，提高生产效率和降低风险，同时也能够提高企业的管理水平和竞争力。

此外，通过与 AI 深度结合的数据治理方案提高了数字资产的管理和交易效率。面向数据加工和数据资产交易领域，提供定制化的、端到端的、安全的数据治理方案，满足企业数据集成、数仓建设、数据治理、数据智能分析、数据静态资产入表、数据产权管理、数据合规监管、资产实时报表、数据金库、数据交易等智能化场景建设，加快了企业数据资产化的进程。

5.3 共建产业元宇宙生态圈

联想新视界认为，人工智能+产业元宇宙新范式的目的是要在行业生态圈内共同打造端到端数智化的能力，通过孪生场景、推演过程、自动化系统、信息系统、管理指标等的自动生成实现企业自动化和智能化水平的提升，从根本上改善质量、效率、成本等最核心的运营指标。同时，通过人工智能、产业元宇宙等先进技术提升核心竞争力，通过领域 AI 大脑的积累学习，数字孪生模型的搭建，多模态的仿真，反向的控制优化，场景和应用的自动生成、专家数字人的交互等技术，提升企业的系统、成本、效率，打造产业元宇宙生态基础。

2023 年 11 月 20 日，联想新视界携手中国电子学会、高碑店市委市政府三方，明确将合力打造工业元宇宙的学术与产业融合的新技术产业化示范项目，在高碑店市共构工业元宇宙产业研发、推广、示范的一体化应用平台，助力高碑店市培育新动能，打造新质生产力。通过融合人工智能、大语言模型、数字孪生等尖端科技，构建一个跨越物理与数字世界的全新生态空间，实现政府、企业、园区运营及物业管理等多方高效协同。这一园区不仅代表了当前技术革新的前沿，更是产业生态创新发展的缩影。这种以技术创新为核心，以生态协作为基础的发展模式，不仅提升了园区的竞争力，也为京津冀地区乃至全国的元宇宙产业生态建设提供了有益的探索和借鉴。

同时，联想新视界还与众多合作伙伴一起，通过产业和技术协同，打造人工智能+产业元宇宙解决方案，服务于工业、交通、园区、双碳 4 大重点行业以及中小企业，例如，联想新视界通过先进的多模态仿真、云渲染技术为我国大飞机制造商提供了飞机设计典型过程仿真解决方案，通过物联网、数字孪生等技术为我国龙头家具企业提供数字孪生运营解决方案，通过声音识别、深度学习等技术为国际知名车企提供关键部件声纹故障识别解决方案，联想新视界通过人工智能和产业元宇宙技术，帮助航空航天、汽车、电子、交通等多个行业推动数智化转型，推动企业的提质、降本、增效，通过自身实践做数智变革的引领者和赋能者，做未来产业的先驱者。

参考文献：

【1】印度政府：“Digital India”Campaign，2015

【2】国务院:《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，2021

【3】国务院：《“十四五”数字经济发展规划》，2022

【4】国务院：《数字中国建设整体布局规划》，2023

【5】发改委：《数字经济促进共同富裕实施方案》，2023

【6】国家互联网信息办公室：《数字中国发展报告（2022 年）》，2022

【7】彭思雨. 数据资产化进程提速[N]，中国证券报，2023-12-06，第 A05 版

【8】https://zhuanlan.zhihu.com/p/549961311

【9】中商产业研究院:《2022—2027 年中国数字经济市场需求预测及发展趋势前瞻报告》，2022

【10】赛迪研究院：《2022 中国数字经济发展研究报告》，2022

【11】习近平. 新时代推动东北全面振兴座谈会. CCTV, 2023-09.

【12】阴和俊.（2024）. 让科技创新为新质生产力发展注入强大动能. 《求是》

【13】李伯虎，李潭，柴旭东. 工业元宇宙：工业发展新阶段的赋能者[J].前沿科学，2022.12(4):46

【14】工信部等七部委：《关于推动未来产业创新发展的实施意见》，2024

【15】工信部等五部委：《关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知》，2024

【16】https://www.jiemian.com/article/2379143.html

【17】国家统计局：交通事故死亡人数指标统计，2022

【18】习近平. 第 75 届联合国大会，2020-09.

【19】刘世锦. 庆祝改革开放 40 周年系列智库论坛. 新华社，2018-09

联想新视界（北京）科技有限公司
电话：400-875-2580 工作日 9:30 - 18:30
邮箱：bd@lenovo-ar.com
官网：https://www.lenovo-ar.com
地址：北京市海淀区永润路 18 号院 1 号楼 8A 层
版权所有©联想新视界（北京）科技有限公司

联想新视界微信公众号