



工业元宇宙及在能源和
汽车制造行业应用示例

因我不同
成就不凡

始于1845

前言：元宇宙赋能工业行业加速转型	04
一．德勤元宇宙场景划分	05
二．工业元宇宙内涵和发展形势	07
三．工业元宇宙特点与关键技术	09
四．工业元宇宙应用分析方法	13
五．工业元宇宙能源行业应用示例	16
六．工业元宇宙汽车制造行业应用示例	21
七．小结	26

本文探讨工业元宇宙的特点、关键技术和价值体系，并以工业产品全生命周期为主线，沿着设计、生产、销售、维护等场景，给出工业元宇宙的代表性应用模式。工业元宇宙相关行业众多，透过行业各具特色的需求，本文提出统一的工业元宇宙应用分析方法，并以能源和汽车制造行业的应用为例描述了工业元宇宙当前的一些应用。这些应用比起工业元宇宙能实现的长远价值点还有很大差距。重要的是通过本文描述的通用分析方法，结合现有的案例，企业可以举一反三，创新性的开发更多的工业元宇宙应用场景，在这个数字化、人工智能、元宇宙混叠的时代，开创企业的新局面。

我们在3月份发布了讲述元宇宙整体发展情况分析的白皮书《元宇宙综观——愿景、技术、应对》，本文接续该白皮书内容，对元宇宙在工业制造领域的应用做进一步分析。对广大工业企业而言，当前是工业元宇宙技术探索和场景创新的窗口期，建议企业结合工业制造现状实际情况，前瞻性的选择适合元宇宙化的场景，进行应用创新，在工业元宇宙的新世界抢占制高点。



林国恩

德勤中国副主席
科技、传媒和电信行业
主管合伙人

前言： 元宇宙赋能工业行业 加速转型

德勤认为，元宇宙将对国家和地区经济产生深远影响。以亚太地区为例，到2035年，元宇宙将带来年均0.8万亿至1.5万亿美元GDP增量，占GDP的1.3-2.4%。对中国经济而言，这个预测数值是在0.45万亿至0.86万亿美元之间，其中工业元宇宙将扮演重要角色。过去十多年，中国数字经济快速增长，数字化技术和应用能力处于全球领先行列。然而在今天，工业竞争态势愈演愈烈，疫情波及全球、国际形势紧张、原材料短缺、技术及人才壁垒等因素，正促使全球供应链进行重构，中国工业智能制造2025目标面临着巨大的挑战。在这样的背景下，借元宇宙的浪潮，构建工业智能制造的新能力、新模式，势在必行。

元宇宙赋能工业制造，将带来全新的体验、效率和运营模式，使工业生产超越空间和地域限制，在多维度开展生产协同，极大提高智能制造水平，同时带来元宇宙虚拟营销和智能应用的创新。因此，工业元宇宙的需求比我们想象的要更加迫切。随着元宇宙技术的快速演进，不少企业已然踏上了探索“工业元宇宙”之路。全球诸多技术领先企业早已敏锐察觉到行业和竞争格局正不断变化，多数企业都认为竞争压力和行业颠覆性因素（如由新技术驱动的虚拟工厂、元宇宙工业营销、工业机器人等涌现），正推动多数工业企业加快进行元宇宙化转型升级。

工业元宇宙涉及工业行业的多个方面，其中技术的转型升级至关重要。在全球数字化浪潮下，这些新兴技术不仅为工业元宇宙的创新持续提供活力，也令企业更加关注提升自身的技术协作能力，使其在转型的进程中实现生产流程、管理决策、管理和服务的全面优化，以及资源配置协同。工业企业应结合自身的现状和实际情况，以前瞻性的技术选择适配元宇宙化的场景需求，进行智能应用创新，在工业元宇宙的新世界抢占制高点。

随着政府政策扶持、资本刺激、创新企业涌入，中国有机会凭借数字技术应用的领先优势，迎来工业元宇宙新的发展机遇。

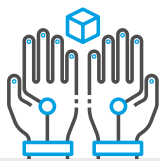
— 德勤元宇宙 场景划分



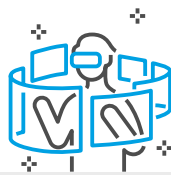
德勤将元宇宙应用场景划分为工业元宇宙、消费元宇宙、治理元宇宙三大场景，为企业和政府客户提供端到端的元宇宙解决方案（元宇宙战略规划、建设、运营、元宇宙产品和技术模块服务），并实现元宇宙解决方案与企业数字化转型的无缝对接，如下图。



元宇宙三大场景的区别点是：



工业元宇宙是以工业产品为核心，构建围绕产品全生命周期管理为目标的元宇宙解决方案，工业元宇宙的典型行业包括能源、汽车、装备制造、医疗器械等；



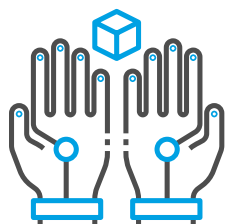
消费元宇宙以消费者为核心，构建围绕消费者全生命周期管理的元宇宙解决方案，典型行业包括快消零售、文旅、金融、汽车、消费电子等；



治理元宇宙是以元宇宙虚拟空间的治理为核心，包括制定元宇宙的经济体系、法律体系、组织和治理体系等。

三大场景虽然有各自的代表性行业，但同一行业/企业可以同时适用不同场景，比如汽车行业的研发/制造环节，更多体现工业元宇宙的场景定义，而营销销售端更多体现消费元宇宙的特征和场景定义；比如能源行业/企业，产能、储能、输能、能源衍生品生产等符合工业元宇宙的场景，下游面向企业或者个人消费者的油品销售则符合消费元宇宙场景。治理元宇宙的典型应用客户是政府，也会包括大型的元宇宙平台，来制定元宇宙世界的治理规则。

二. 工业元宇宙 内涵和发展 形势

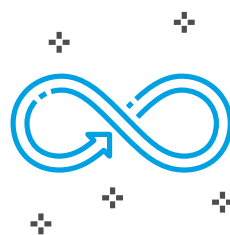


工业元宇宙发展基础

工业元宇宙目前尚无统一定义。我们看来，工业元宇宙以工业产品为核心，基于工业互联网支撑体系形成，是元宇宙相关技术和应用模式与工业经济深度融合的新型应用模式和工业生态。工业元宇宙通过打造与现实工业经济映射和交互的虚拟世界，构建起工业产品全生命周期的虚实共生、企业和消费者智能高效闭环下的3D展示、全息智能制造、智能经济体系，从而推动工业互联网走向更有效落地、更虚实融合的阶段。

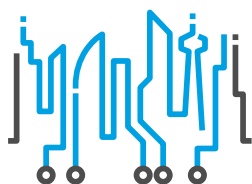
发展空间

与消费元宇宙各种吸引关注的营销创新形式相比，工业元宇宙似乎略显平静，但工业元宇宙的体量和潜藏的价值是巨大的，与工业制造在国民经济中的占比成同等重要的地位。由3D渲染、数字孪生、工业互联网、人工智能等新技术所构建起的工业元宇宙数孪生制造体系，在未来具有巨大的发展空间，激发了人们无限想象和热议，应用场景令人期待。TrendForce集邦咨询的预测，工业元宇宙将催动全球智能制造市场规模于2025年达5,400亿美元；国外某知名研究机构报告表明，在未来十年后，元宇宙、区块链和4D打印技术将在工业进行广泛应用。



政策引导

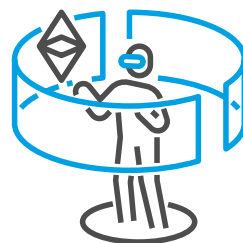
政策层面，元宇宙作为新兴技术趋势已引起我国政府高层的高度关注。随着国家2025年智能制造远景目标的发布，推动了工业持续走向数字化，同步形成了数字化转型的工业版元宇宙，即“工业元宇宙”。工信部的《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》提到将进一步发展面向云仿真、数字孪生、设备预测性维护等专业型平台；2021年2月21日，中央政治局会议再次强调要推动工业互联网加快发展，提出加快工业互联网发展，引导平台增强5G、人工智能、区块链、AR/VR等新技术支撑能力。中纪委网站曾在2021年12月刊文《元宇宙如何改写人类生活》，表示多重因素将促使元宇宙从概念走向流行，可为工业互联网等带来发展机遇。2022年的“两会”期间，多位人大代表、政协委员就提交了元宇宙相关议案提案，纷纷呼吁加快打造元宇宙中国数字经济体。



技术发展阶段

工业元宇宙目前在理论、技术，还是产品、基础设施上，尚处于早期阶段。比如网络传输能力、底层图形技术的算力、图形引擎开发及场景创新、虚拟世界与现实世界的协同等方面目前面临很多技术限制。工业元宇宙依托于工业互联网发展，虽具备一定基础，但实时性、交互感、沉浸感和真实感仍有待提高，最重要的是目前智能制造过程孪生化的核心业务内容和应用相对比较少。

结合发展前景、政策导向、和当前技术发展阶段，企业在应用工业元宇宙时，应结合工业制造现状实际情况，选择适合元宇宙化的场景，因地制宜并综合分析，开始探索工业元宇宙并加强技术及行业经验积累，积极布局并探索场景创新。

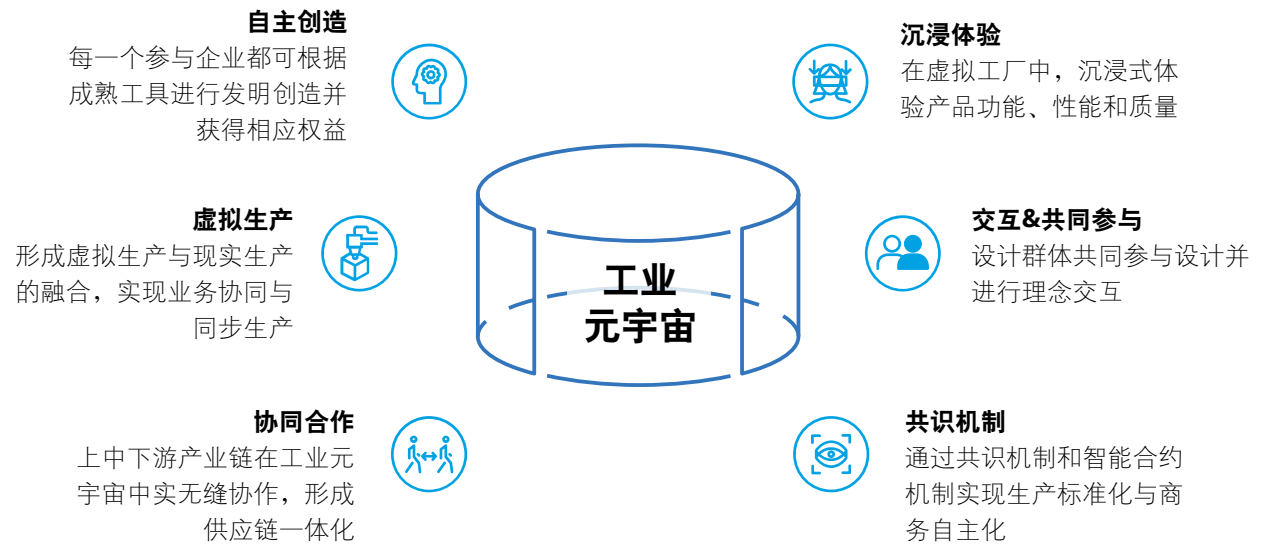



三. 工业元宇宙 特点与关键 技术


01.工业元宇宙特点


工业元宇宙围绕虚实结合的产品生产体系，具备多方共同参与、互动、开放、协同的特性，是由复杂的多主体互动而形成的系统，生态的互相依存，具有共享开放性，同时体现生产制造价值链的协同性。


工业元宇宙体系具备如下六个特点：





- 

虚拟生产：工业元宇宙中，虚拟生产是孪生现实生产线，实现虚拟生产提前验证现实生产，减少试错成本；
- 

交互与共同参与：设计相关方共同参与设计，贡献经验和思路，实现理念的交互，实现最先进的理念、最优的设计，发现问题快速迭代；
- 

自主创造：围绕虚拟产品，摆脱了物理空间束缚，各参与方可根据各自领域经验优势利用预定好的成熟模型或工具实现自主创意、并将众人的创意同时融入到产品设计中，实现共创机制；
- 

共识机制：通过共识机制和智能合约机制实现生产标准化，避免规格不统一；并实现最大限度的商务自主化，形成商务上优势互补；
- 

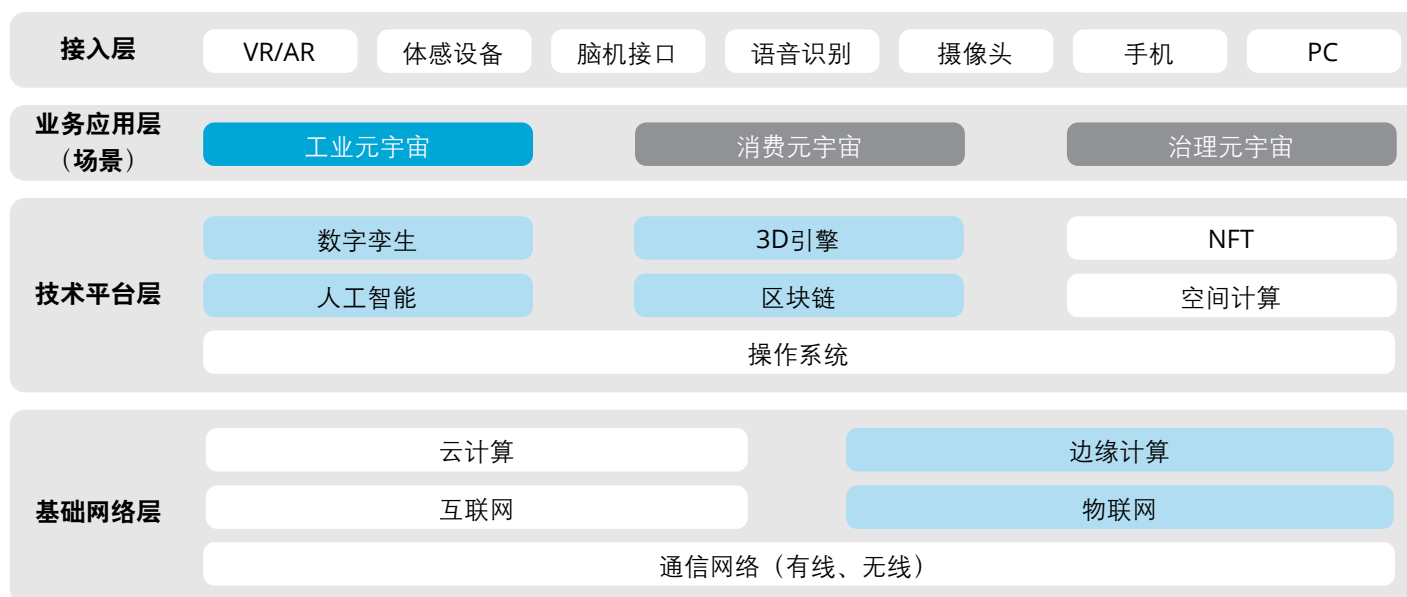
沉浸体验：不论是在产品设计、还是在虚拟工厂、虚拟生产线、以及产品的使用和维护过程中，沉浸式体验产品功能、性能和质量，在线下预期行动（比如购买）之前就深入了解产品情况；
- 

协同合作：上下游产业链在元宇宙中实现无缝协作，形成供应链元宇宙化，直观并直接共享上下游信息，形成供应链一体化；特别是用户、生产、销售和服务的四方协同。协同合作的深度应用是部件跟踪，基于元宇宙的区块链，使得部件跟踪可以和产品结构、部件展示结合在一起。还可以和保险等周边业务结合，见后续汽车行业应用示例。

02. 关键技术

元宇宙的相关技术众多，如下图“德勤元宇宙产业架构”所示，（引自德勤《元宇宙综观—愿景、技术、应用》）。支撑工业元宇宙的关键技术主要包括数字孪生、3D引擎及空间计算、AI技术、区块链、边缘计算、物联网等。

德勤元宇宙产业分析架构



数字孪生技术：跨企业、跨行业的数字孪生技术、架构和模型等相关标准成熟且落地，从产品到设备、产线、工厂实现全要素数字孪生，且与物联网实时数据联动。



空间计算：计算机图形学技术与行业Know-how相结合实现深度融合，物联网感知层数据借助3D建模软件等转化为海量实时的3D可视化内容。



3D引擎和虚拟化技术：作为工业元宇宙的典型技术，VR/AR/MR和全息投影技术在工业场景实现规模化落地以及物理世界和孪生世界的双开发方面，实现多种主体的互动与协同，最终实现实时性、精准性、正确性的生产，从而保证产品的质量，满足客户的完美性要求。



边缘计算：工业应用过程中大量的计算发生在一端，对实时性和信号的传送带宽都带来很高要求。边缘计算用于解决这个问题，将算力部署在临近一线环节，减轻中央计算的压力，提高决策的实时性；



AI技术：进入元宇宙时代，工业产品越来越倾向客户定制化、个性化，在设计理念出现面向制造的设计，而在实际生产中，有大量的人工智能技术应用，催生了人工智能和数字孪生、工业互联网相结合的智能制造。除了面向生产制造过程本身，AI还应用于人工工作，比如智能数字员工进行自动化生产，解决高精技术人员短缺问题。



物联网：物联网是将工业产品、机器、生产线等物理世界与智能管理系统相连接，使得物理世界的表征能够反映在数字世界中，因而为操作人所获悉。

除了上述几项关键技术外，工业元宇宙依然需要用到其他元宇宙相关技术，比如基础设施层中的算力和网络技术；从创新的角度，也可以将工业生产过程与NFT结合，实现虚拟部件确权 and 发售，实现模式创新。虽然这些技术很多处于初级阶段，但已经能支撑的工业元宇宙应用也足够值得企业去尝试和创新。



区块链：在工业元宇宙有多种应用，包括适配工业分布式协作场景、通过工业产品NFT与产品同步发售促进生产需求、对产品进行溯源等。（区块链在元宇宙中还支撑身份识别、货币、智能合约等模式，这些更偏向于消费元宇宙和治理元宇宙应用。）

03.工业元宇宙主流厂商布局

工业元宇宙能够推动跨产业和跨技术融合，能够实现从生产端与客户端的联通，打通供应链，基于区块链的新经济体系下，所有参与者共创、互动、按需生产与供应，生产各方根据各自优势承担不同的角色和任务，最终通过元宇宙实现实体生产与虚拟生产的业务流融合，实现虚实共生。

在工业元宇宙的发展的大背景下，各厂家也纷纷基于之前的技术和行业经验积累，开展数字孪生、虚拟工厂等相关业务探索（部分具有代表性的厂家如下所示）。而对工业企业而言，能否甄选出合适的伙伴也是向工业元宇宙转型的关键之一。

	国外			国内		
	厂商1	厂商2	厂商3	厂商4	厂商5	厂商6
前端接入			MR/AR 远程协助和培训等	IoT工业 前端传感器		IoT网关
系统平台	德国某工业巨 头互联网平台	工业元宇宙 平台	美国某混合现 实平台	中国某工业数 字孪生平台	中国某工业 大数据的数字 孪生平台	中国某工业 互联网平台
基础设施	工厂机床设备					制造的 重型机械

图片来源：德勤根据公开资料整理

德国某工业厂商：开放式物联网操作系统，基于云的工业PaaS平台，它向下连接现场设备，向上提供多种多样的工业应用程序App，结合自身工厂精密机床设备等先天硬件装备、资源和工业数据优势，与虚拟化厂家共同探索工业元宇宙业务；

美国某芯片厂商：该公司开发的元宇宙平台是一个易于扩展的平台，可以实现3D设计协作以及可扩展的多GPU实时逼真仿真。依托于该虚拟化开发平台，通过数字孪生技术实现工业领域的数字孪生虚拟工厂。其优势是用户和应用间的实时协作，在单个交互式平台上实时整合用户和主流行业 3D 设计工具，实现实时逼真的视觉效果；

美国某科技厂商：在元宇宙方面已扩展至工业领域，基于混合现实平台和MR/AR装备，实现工业领域的远程协助、培训、质检等内容，在生产监控和维修指导等方面具有一定程度上的应用。其优势体现在运用人工智能、云计算、混合现实AR装备、远程协助等技术在工业领域的综合应用；

国内某电器厂商：旗下子公司数字孪生平台，通过提供数据智能和数字孪生端到端解决方案，助力企业打造可视、可管、可预测的数字孪生虚拟工厂。其优势在于具有自主知识产权，大规模定制模式通过持续与用户交互，用户全流程参与体验到工业互联网平台中；

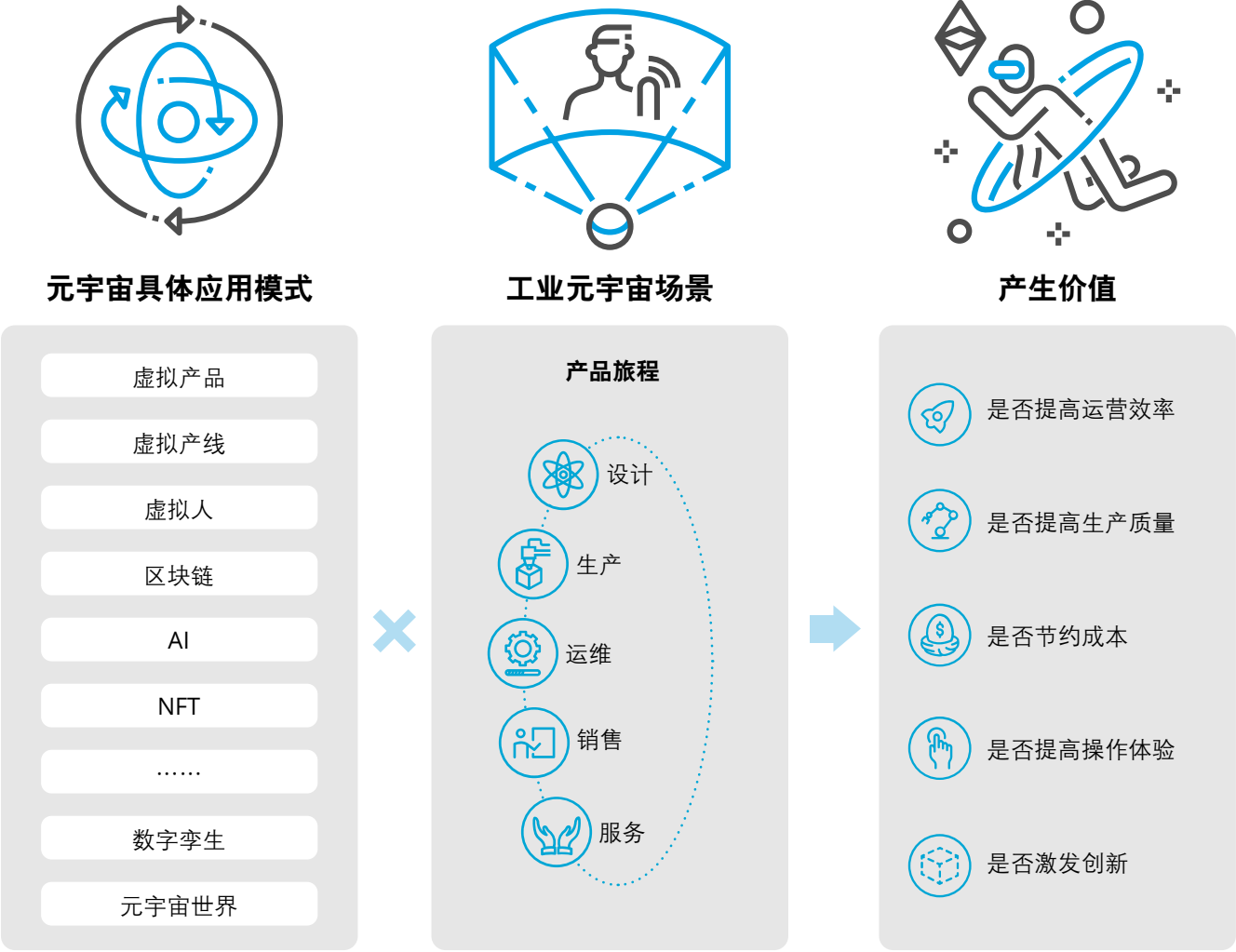
国内某工业大数据公司：基于数字孪生平台生成、创建和积累数字资产和数字场景，基于该平台实现不同的数字孪生应用进行模拟推演和历史追溯分析，为企业带来降本增效等业务价值。其优势在于结合企业CAD应用，以高效的编辑器通过混合现实快速构建适应企业自身的Digital Twin数字孪生解决方案；

国内某重型机械厂商：其旗下子公司工业互联网公司，基于自主开发的工业互联网操作系统为核心的工业互联网平台，结合在工厂中部署的工业IoT网关等前端感知设备，形成“云+端”的工业互联网模式。其优势是平台研发自主可控，IoT前端物联感知与云端计算优势充分结合，形成整体解决方案，并且其能力在本厂商自身得到了检验。

四. 工业元宇宙 应用分析方法

工业元宇宙涉及诸多行业，如汽车、能源、钢铁、机械装备、电子制造等多个行业。行业和场景众多，但可以采用相近的方式进行分析。一个是从什么视角去分析和解构工业行业企业的经营管理，即场景问题。如文章开头说明，工业元宇宙以产品全生命周期的维度解构企业经营管理场景；另一个是元宇宙的不同模式都有什么特点和价值，比如虚拟环境有什么价值、虚拟人有什么价值，数字孪生有什么价值。

以产品全生命周期视角，将元宇宙的具体应用模式（通常也是技术模式，比如虚拟呈现、数字孪生等）对应到产品的不同阶段，包括设计、生产、销售、维护和服务等，看各种模式如何为各种工业场景带来体验、效率、成本、质量、安全等方面的价值提升，构成工业元宇宙的总体分析框架，如下图。这个方法的逻辑也是适用于消费元宇宙，只是在消费元宇宙中，是以消费者全生命周期为视角。





1. 研发设计

工业产品往往相对复杂，涉及多个领域/组件，因此产品的设计是一个多方交互、共同参与的过程。通过数字孪生复刻产品组件的物理空间特性、机械特性、电气特性等，在外形上通过3D渲染使得产品以期望的最终状态呈现。不同的设计师、研发工程师、工艺人员，可以直接在元宇宙空间中进行产品设计、调整。同时，元宇宙更强调个人创意和用户定制，消费者也可以加入到设计过程。最终实现虚拟设计与实际生产的无缝衔接。



2. 生产制造

进入元宇宙时代，强调人与机器的融合，制造过程要充分融合人、机器、数据等关键要素，实现生产过程数字孪生。让生产者与客户、消费者建立起更逼真的沟通场景，实时掌握生产的进度，及时按需进行生产线的干预。还可通过VR技术对非熟练工人实现作业培训指导，通过AR技术实现操作诱导、专家远程指导等，以提升生产效率，减少因作业不熟练、误操作带来的损失。

在工业元宇宙中，可采用非接触式检测手段，通过AR结合人工智能手段，实现自动化、智能化质检，通过元宇宙远程监控实现一系列的数字化质量管理工作，以解决人工质检的效率底下、不精准、人力成本高等问题，提升客户满意度。



3. 运维

通过工业元宇宙结合IoT物联感知体系，把设备的运行状态数据实时传递到工业大数据中心，把运行数据孪生化，并通过3D方式呈现，以便实时监测机器运行状态、在重大事故发生前进行报警，减少因大规模停机造成的生产损失，同时也便于进行生产线合理排班和大修，实现生产设备预维护。结合AR和VR等技术，让人精准地觉察到系统的异常，缩短响应时间、提升维修操作效率等。有的工厂设备还需要保险服务。通常保险费用昂贵，但工厂很难整合机床排班、大修、使用年限、维修历史等信息，准

确评估哪个类型的重型设备投保什么类型的保险。通过元宇宙可把机床设备进行时空信息整合，根据设备使用情况精准投保，避免盲目投保造成的大量资金浪费。保险公司可在元宇宙中定期提醒不同类型的机床投保到期时间，避免因非计划停产造成的巨大损失。



4. 销售

营销阶段，利用虚拟化技术，让消费者可以更好的理解、感受产品，包括拆解产品、试运营产品，提高消费者体验。通过元宇宙实现用户需求到销售、到生产、甚至到设计的直接对接。

工厂生产的贵重商品可在元宇宙中同步形成NFT纪念品，在产品出场时同步把具有该产品唯一编号的NFT纪念品附加给客户，让客户感觉到不一样的购买体验和新鲜感。还可以分解产品，每个组件形成NFT，收集重组该虚拟产品赢取企业额外权益奖励。基于产品的NFT营销创新方式有多样，从工业元宇宙的视角看，主要是能够分解产品、并实现C2M（消费者到制造），C2D（消费者到设计）的打通，基于这些能力，产生出更多的营销创新。



5. 服务

工业产品在售后的使用过程中，要持续进行设备的维护维修服务，也包括保险等周边服务。应用AR技术，实现远程维修指导；通过IIoT、数字孪生、和3D渲染，可以实时获悉并展示设备包括设备部件的使用情况，进而做出及时反应。

产品的设计、生产、使用，离不开人，离不开消费者，所以工业元宇宙应用与消费元宇宙应用是交织在一起。只是不同阶段，强调的重点不同。

下面以能源和汽车制造两个行业为例，说明元宇宙在这两个行业当前应用的整体状况，以及工业元宇宙应用的特定案例。

五. 工业元宇宙 能源行业 应用示例

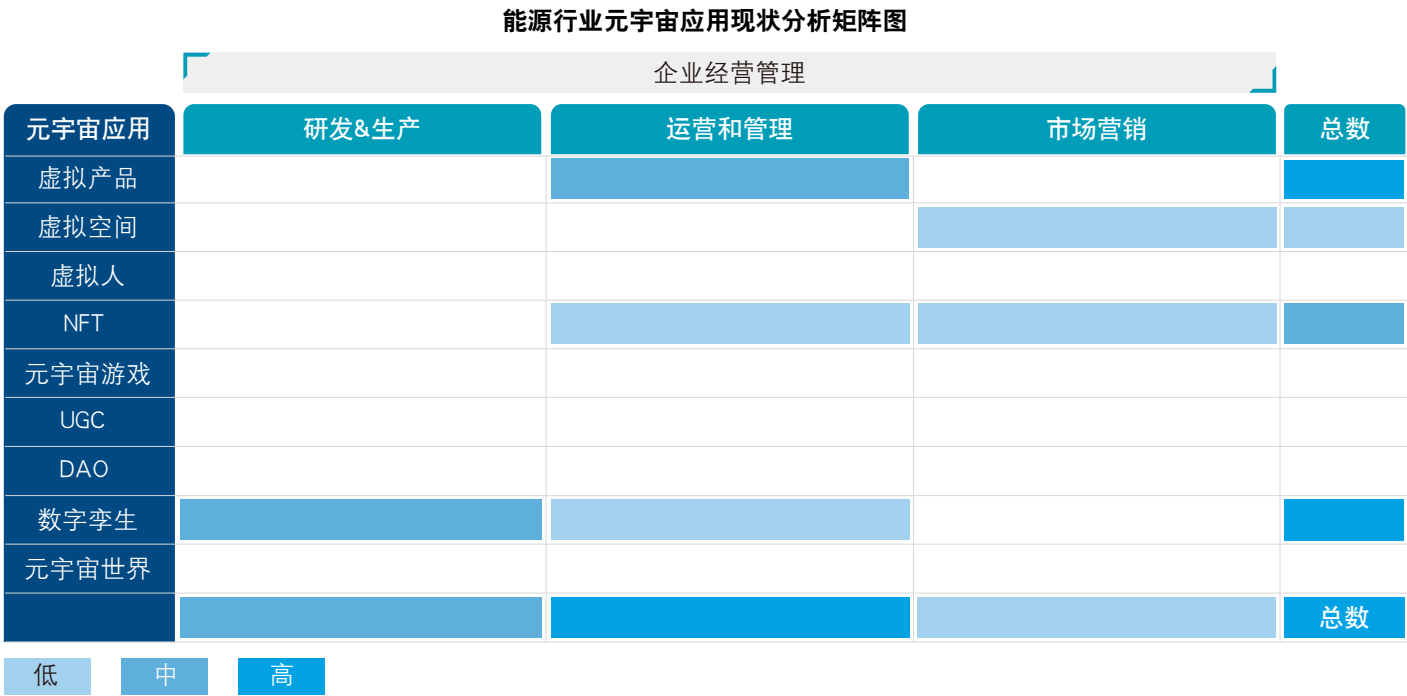
能源行业包括很多子行业，元宇宙在能源行业的应用场景也很多，比如通过元宇宙的数字孪生和人工智能相关技术，可对历史数据进行挖掘，从大量的业务数据中获取有效的、潜在有价值的信息；通过数字孪生发现潜在的能源资源，结合专家经验进行决策；为专家工作提供远程支持，通过实时的3D可视技术，使操作员基于友善的交互界面对完整的能源制造流程进行3D可视控制，同时确保远程专家可以和现场进行交流和互动，对现场情况进行指导、优化和辅助决策；在化工行业，通过数字孪生技术对化工加工厂过程进行孪生，发现潜在风险时

可通过三维立体画面监控并通过IoT紧急关闭阀门，避免造成爆炸等重大安全事故。

本文中，我们围绕能源行业的一些通用特征来示例说明工业元宇宙的应用。能源行业的通用特征包括重资产、重设备、重运营、安全生产等，基础能源物质还具有金融属性。能源行业经营管理的重要目标之一是如何提高设备的利用率、提高生产运营效率、以及安全生产水平。我们围绕这几个要点示例当前能源行业的元宇宙应用。

1.能源行业元宇宙应用总体情况

下图是目前能源行业元宇宙应用整体情况示意图，以国内能源行业应用为主。



备注：基于能源行业特性和体量，如该应用数占总应用数比重的10%以下则为低，如占比在10%-30%则为中，如占比在30%以上则为高

通过对国内石油、矿山、钢铁、电力等20余家能源企业元宇宙相关应用中，我们看到一些规律。

- a. 应用场景：能源行业的目前的元宇宙应用主要集中在运营和管理环节，其次是研发和生产环节。
- b. 元宇宙模式：应用模式集中在与XR相关的虚拟产品+数字孪生应用。由于能源行业的特性，能源企业需要大量AR/VR/XR虚拟技术来提升日常运维效率，以及降低运维风险。比如在风电行业，攀登庞大的风力发电机塔的运维在以往是非常费力和高风险的作业，并且现场作业的工人素质也

- 参差不齐，导致现场作业质量和安全无法得到保证。某能源集团采用了远程专家协作（AR智能眼镜）来解决了这一难点。
- c. 安全生产问题有望得到长足改进：数字孪生和虚拟空间技术的应用解决了能源开采长期以来的生产安全问题，而且还大幅度提高了现场开采作业效率。比如在矿山，某能源集团已经成功落地了“无人矿山”项目，驾驶员可以远程操控挖掘机进行挖矿和运矿等作业任务，从此挖矿也能在办公室里体面的进行。

2.元宇宙数字孪生应用示例

2.1 能源集团A智能矿山



能源集团A和第三方科技公司合作成功落地第一个在煤矿山的元宇宙科技项目，其元宇宙解决方案的内容主要包括智能传输带、3D裸眼沉浸式智能传输带监控室以及3D数字沙盘控制盘。项目的目标是为了帮助能源集团A旗下的某地矿山设计和落地以智能传输带为中心的矿山数字化转型。

- **智能传输带：**某地煤矿皮带机所在为低瓦斯矿井，皮带机所运输物料为原煤，鉴于井下特殊安全性能考虑，第三方科技公司为其设计了矿用阻燃芳纶智能输送带（以下简称智能输送带）。智能输送带出厂前在每单元节点预置了RFID数字化芯片，并且RFID芯片与后期所安装的输送带智能化监测系统相匹配，形成了输送带数字化单元管理和全生命周期管理模式。
- **3D裸眼沉浸式智能传输带监控室：**智能传输带与沉浸式空间数字监控技术（裸眼3D）相融合，形成一套具备井下场景再现、设备隐患超前预警以及人工智能管控的数字孪生智

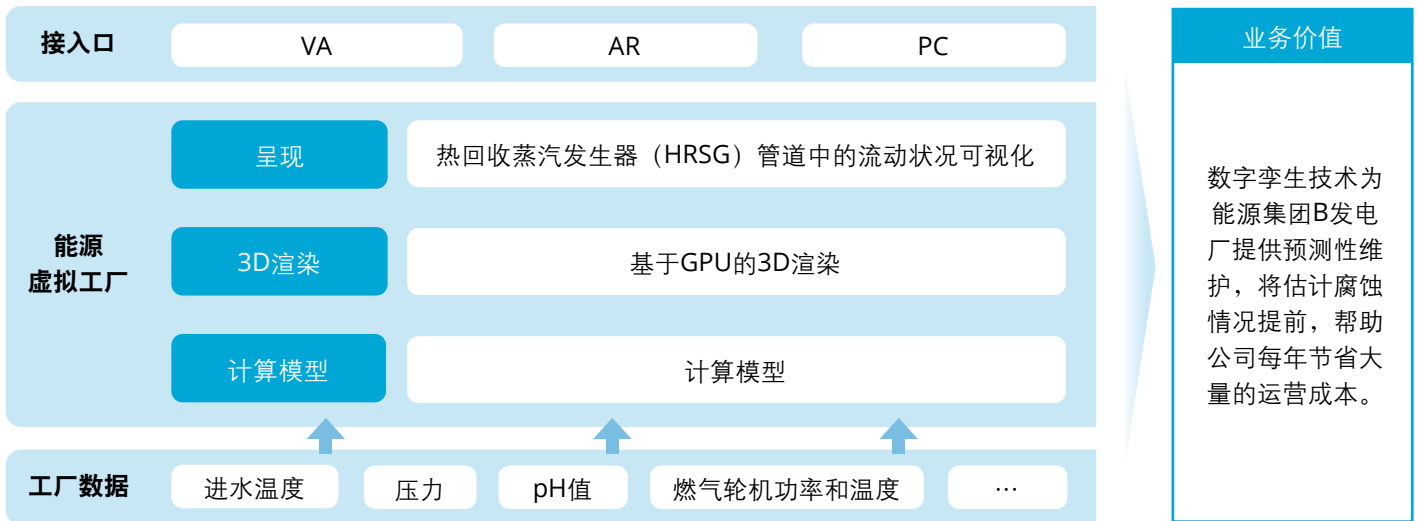
慧矿山系统，并且此系统是以真实物理数据为驱动，实现了跨物理时空的数字孪生具象化功能。从此矿山工作人员不再需要频繁地下矿查看传输带运营情况，这大大降低了生产作业风险，也提升了作业效率和质量。

- **3D数字沙盘控制盘：**通过无人机/扫描机器对矿山内外部进行全景扫描，再与各器械运营数据进行打通和实时匹配，这样矿山工作人员可以在监控室通过3D可视化智能矿山平台来实时监控矿山的现场作业情况。

应用价值：
通过数字孪生和虚拟空间应用大大降低矿企的管理成本、运营成本，提升矿企整体数字化服务能力，最终实现稳定可靠的安全生产，提高整体现场作业效率。

2.2 能源集团B 虚拟工厂

图：元宇宙数字孪生应用示例_能源集团B 虚拟发电厂



能源集团B 是全球万亿美元级能源市场中的一家领先发电厂技术供应商，该公司依靠技术平台创建数字孪生虚拟发电厂，为发电厂的预测性维护提供支持。

- **发电厂痛点：**热回收蒸汽发生器（HRSG）是能源集团B能够进行联合循环发电的关键大型设备，其核心工作原理是热回收蒸汽发生器利用燃气轮机的废热产生用于驱动蒸汽轮机的蒸汽，而在回收环节，蒸汽和水的混合物会导致腐蚀，进而影响热回收蒸汽发生器部件的使用寿命。而维修和维保所导致的停机时间会给公用事业公司造成巨大收入损失。根据公司官方数据表示，使用热回收蒸汽发生器的行业平均计划停机时间是 5.5 天，如果将其减少 10%（比如检查因腐蚀造成的管壁损失厚度等），每年将为公用事业公司节省若干亿美元。（数据来源于英伟达企业解决方案官网）
- **数字模拟流程：**能源集团B 正在使用元宇宙相关技术开发一种新的工作流程，以减少计划停机频率并确保生产的安全。该流程通过对进水温度、压力、pH 值、燃气轮机功率和温度等实时数据进行预处理，计算出水和蒸汽的压力、温度和速度。计算出的压力、温度和速度被发送至一个物理和机器学习模型中，以精确模拟蒸汽和水如何实时流经管道。

- **可视化呈现：**模拟出来的数据之后通过用于3D工作流程的虚拟世界模拟和协作平台，将管道中的流动状况可视化。这个模拟和协作平台可以进行多算力扩展，能够帮助能源集团B 实时了解和预测腐蚀所产生的综合影响。

应用价值：

经官方数据显示，如果为每台热回收蒸汽发生器建立计算流体动力学模型，则需要长达八周的时间才能估计出热回收蒸汽发生器工厂管道内的腐蚀情况，且共有 600 多台设备都需要经历这个流程。现在通过使用数字孪生和渲染技术，能源集团B 不仅能够加速工作流程，实现预测维护能力，将估计腐蚀情况所需的时间从几周缩短到几小时。该方案预计可为能源集团B 每年节省约若干亿美元。（数据来源于英伟达企业解决方案官网）

3.元宇宙AR应用示例

3.1 能源集团C AR智能眼镜



能源集团C通过运用AR智能眼镜远程协助技术来解决现场作业效率低和生产安全的问题。过往，能源集团C旗下风电运维一直存在以下一些业务痛点，第一，是风能发电机塔上现场人员无法和集控中心进行有效沟通，且指挥中心无法实时看到巡检人员状态；第二，现场人员素质参差不齐，安全和质量难以保障；第三，电力巡检人员双手被占用，无法进行操作；第四，巡检人员无法解决的问题，求助受限；第五，设备繁杂，电力巡检人员需要负重前行；第六，执行情况无法检测，易漏检；第七，操作不规范不标准等一系列日常运维作业问题。为了解决这些问题，能源集团C运用了AR智能巡检和AR远程专家协助产品来加速能源集团C风电运维的数字化进程。

- **AR智能巡检：**AR电力巡检系统采用AR智能眼镜为载体，将日常巡检行为进行数字化记录和管理，再通过巡检数据的可视化来提升巡检作业效率。通过数字化应用改进传统的定值修改和设备定检的工作方式，以及规范巡检操作流程和作业，达到及时消除安全隐患的同时还能提升现场解决问题的能力以及维保知识库的积累。

- **AR远程专家协助：**通过AR远程协助，一线工人借助智能眼镜，将现场情况实时回传，远程专家可以通过实时的回传画面对现场作业工人进行指导和协助，以最快速度解决现场问题。

应用价值：
AR虚拟技术的应用为风电现场运维带来现场作业效率和质量提升，同时还降低了现场作业的错误和运营事故率，为能源集团C提供了一个新的沟通机制和工作模式。

六. 工业元宇宙 汽车制造行业 应用示例



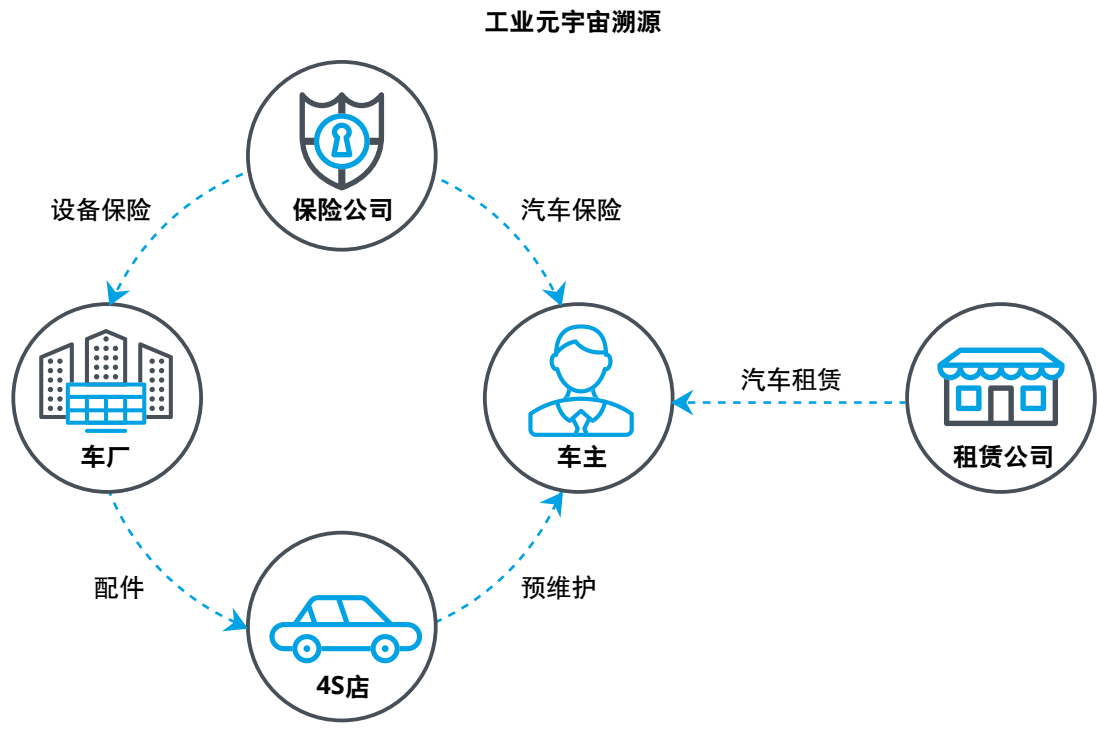
元宇宙在汽车行业的应用既有工业元宇宙的应用，也有消费元宇宙的应用。本文重点从工业元宇宙的视角说明在汽车行业的应用。在工业智能制造领域，汽车行业的制造水平一直走在工业技术前沿，工厂智能化相对成熟，因此也更容易实现工业元宇宙。工业元宇宙能够整合整个汽车工厂业务流程、工厂空间、汽车生产过程，把资产、产品、流程、组织和人员等实体虚拟化表示。为汽车生产制造带来了新的作业思路，借助元宇宙平台搭建一个数字仿生工厂，深度模拟整个汽车制造过程。

汽车产品全生命周期不同阶段，工业元宇宙的应用有一些通用性，包括：

- 01.设计。在工业元宇宙里，在全球的汽车设计师，在设计阶段通过工业元宇宙实现多个专家共同参与设计，通过VR设备针对同一细节实现多人协作；
- 02.验证。全球疫情背景下，远程协作逐渐成为趋势，测试员工借助XR眼镜解放双手，在虚拟场景中进行沉浸式验证，完成验证工作；
- 03.生产。实现数字孪生工厂，虚拟生产和工厂实际生产同步进行，对整个生产过程全面掌控，工厂能够及时定位和解决问题。在未来的汽车工业元宇宙里，可通过虚拟数字员

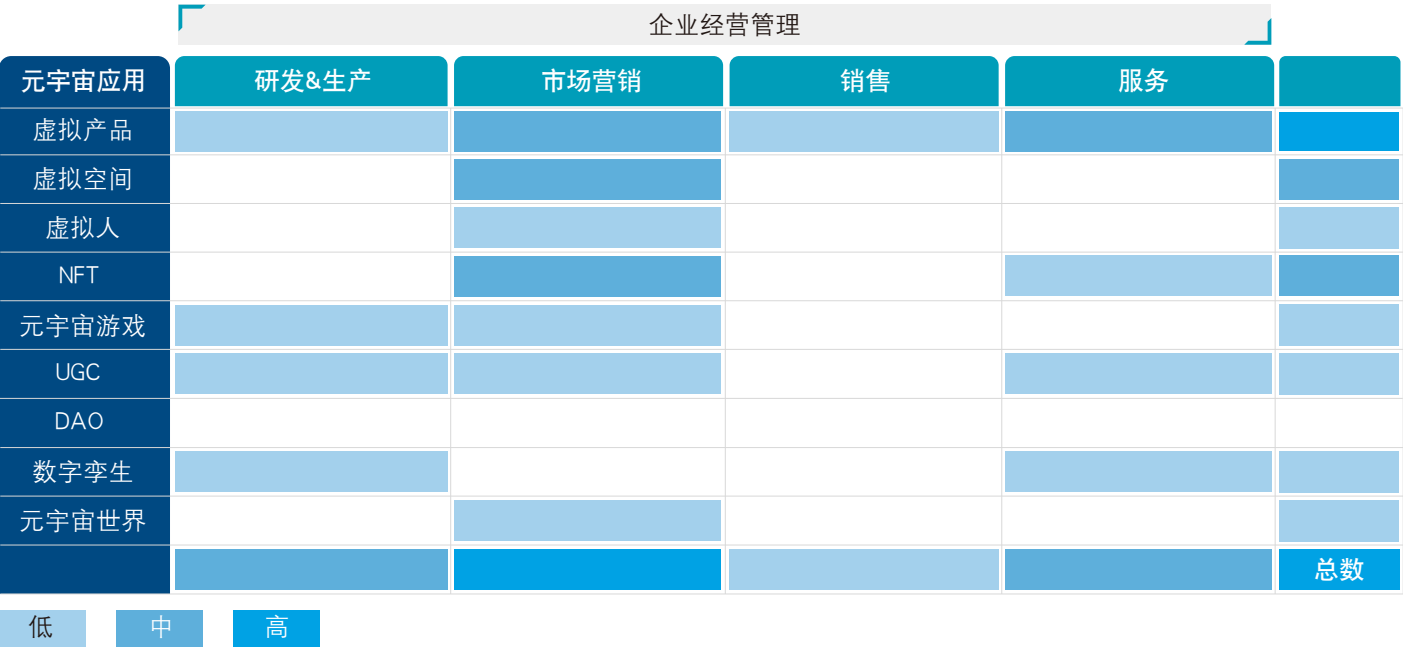
工或机器人实现安全生产，根据指令在设定时间开展生产任务，把人、时间、空间完全解耦，实现按需、自动、自由生产。上下游各参与方按照各自角色自动化生产，多方通过区块链实现信息传递和职责分工，在闲置工厂可租赁给忙线工厂。物理工厂是有边界的，虚拟工厂的生产能力可无线扩大；

- 04.销售。销售阶段会综合应用到工业元宇宙和消费元宇宙的模式。工业元宇宙的应用场景主要在于可以三维呈现和解构汽车产品，在用户的全生命周期，创造用户和虚拟车、实体车之间的互动新模式，比如通过VR/AR装备在元宇宙内通过三维模拟仿真的汽车直观的进行便捷比较，拆卸并查看汽车中复杂结构，实现多人在一个虚拟空间内在线选车。在汽车试驾元宇宙内，通过IoT传感器模拟不同的试驾场景，包括不同路况、天气环境等类真实场景，进行试驾体验车的性能。消费元宇宙可以采用比如虚拟展厅、NFT礼物、互动游戏等方式，创造用户的新体验；
- 05.服务。车主可以和原厂家、4S店、第三方维修服务机构在元宇宙空间里，通过可以解构的虚拟汽车产品，实现车辆维修保养的沟通协商，故障判断等。第三方保险公司，可与车主在虚拟空间内沟通保险事宜。服务各方可通过区块链技术实现各环节的信息确认与协同，避免发生纠纷。



1.汽车行业元宇宙当前应用总体情况

下图是汽车行业当前元宇宙应用总体情况，包括工业元宇宙和消费元宇宙。



备注：基于汽车行业特性和体量，如该应用数占总应用数比重的10%以下则为低，如占比在10%-30%则为中，如占比在30%以上则为高

通过对全球（包括中国）12个汽车品牌的元宇宙应用分析，我们看到四个特点：

- 01.从元宇宙应用模式看，应用最多的是虚拟产品，其次是NFT和虚拟空间。虚拟产品以VR/AR为基础的虚拟场景应用，比如VR试乘试驾、AR虚拟看车、AR远程专家协助等汽车元宇宙应用场景。紧随其后的流行场景分别是NFT和虚拟空间。
- 02.从汽车价值链角度来看，元宇宙场景应用最多的环节是市场营销，这一点在中国汽车市场尤为明显。中国汽车企业尤其是造车新势力企业在市场营销环节的发力居多。

- 03.在汽车研发和制造环节的元宇宙场景应用主要以外资（合资）企业居多，且主要以来自欧洲和美国品牌居多。
- 04.无论中国还是全球汽车市场，都还没有形成完整的端到端的元宇宙营销解决方案，大部分都是局部场景的尝试。

我们会在其他文章中详细说明对汽车行业元宇宙应用的分析。本文重点是工业元宇宙在汽车制造行业的应用，即上述特征中的第三点。

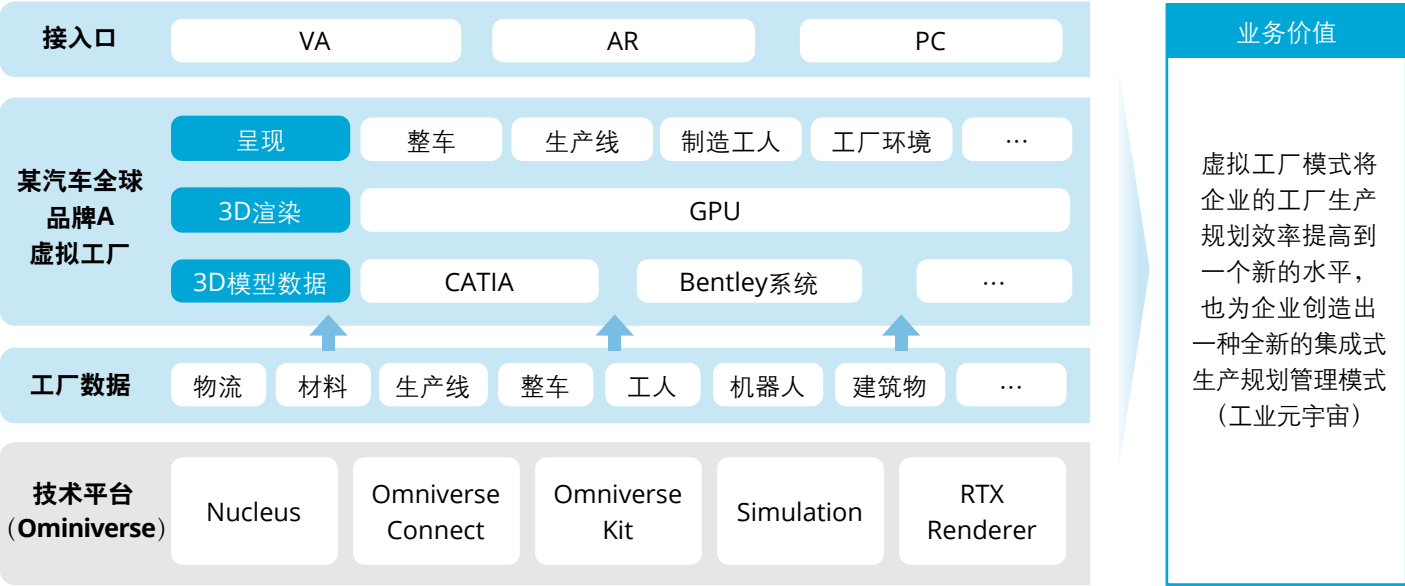
2.某全球汽车品牌A虚拟工厂应用示例

应用介绍：

2021年4月，全球汽车品牌A集团宣布和某芯片巨头（元宇宙相关技术）公司共同利用Omniverse平台去规划高度复杂的全球汽车品牌A制造系统 – 全球汽车品牌A虚拟工厂。全球汽车品牌A的每条工厂生产线可以生产多达十种不同的汽车，每种汽车有100多种选项。因此，40多种车型共有超过2,100种可

能的配置，该企业每年生产的250万辆汽车中有99%有定制需求。该品牌所需应对的挑战不只是各工厂之间的协调，还有如何共享从不同来源导入的数据。虚拟工厂平台整合了一系列规划数据和应用，并实现了实时协作和无限限制的兼容性。全球汽车品牌A集团希望通过虚拟工厂平台提高单一工厂的生产规划效率，并进一步能够协调全球31座工厂的生产。（数据来源于某芯片巨头企业解决方案官网）

图：某汽车全球品牌A 虚拟工厂——单一虚拟工厂

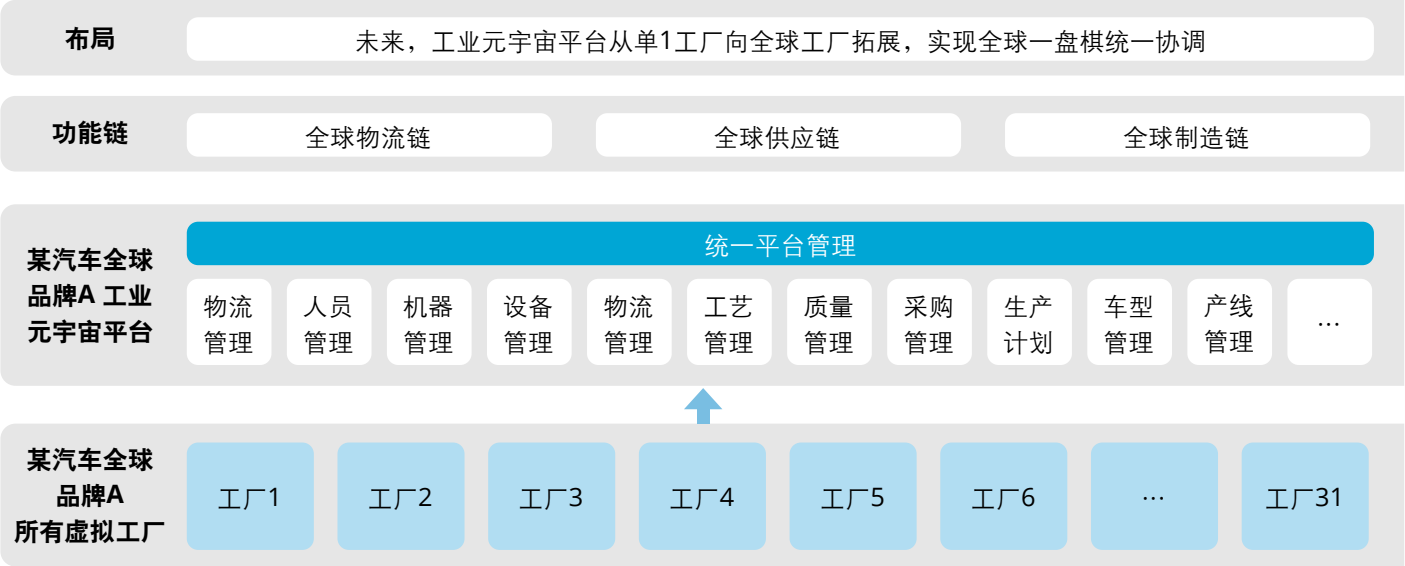


• **应用功能说明：**首先，工业元宇宙平台能将所有相关生产和运营数据进行实时收集、整理及整合，这种易用性和透明性将使规划人员和生产专家能够更快速、更准确地规划高度复杂的生产系统，而不会出现接口损失或兼容性问题。其次，从各种设计软件导入设计数据到该工业元宇宙平台，设计数据包含CATIA、Bently等3D模型数据，导入数据后进行虚拟工厂建设，高度还原现实，在设计阶段可以体验建立后的真实工厂样子，可以基于模型进行优化设计。第三，借助工业元宇宙技术平台的3D 应用和用户间实时协作能力，进行工位的人机工程优化仿真，最大化满足人机工程学中的舒适度要求。最后，基于工业元宇宙平台强大的GPU渲染能力，对仿真数据可视化。

• **工业元宇宙技术平台：**选用Omniverse平台，由5个关键部分组成：Nucleus、Connect、Kit、Simulation和RTX Renderer。这些组件与连接的第三方数字内容创建（DCC）工具以及附加的连接Omniverse微服务一起构成了完整的Omniverse生态系统。

未来，规划人员和生产专家可以利用虚拟工厂平台云基础设施中同步的实时数据进行协作，将全球所有工厂的数据、物料、生产等进行统筹协调安排。如下图。企业可以与供应商讨论新生产系统的集成，整合结构和设施数据，以及生产中材料的项目和零件编号。此外，该工业元宇宙平台还可以用于物流规划，提供从规划到生产的数据一致性。品牌A集团的生产规划人员将能够通过可扩展的能力，对全球生产网络中每个工厂的整个规划生命周期进行可视化。

图：某汽车全球品牌A 虚拟工厂——未来布局，全球工厂联通整合到统一的虚拟工厂管理平台



应用价值：
工业元宇宙平台给全球汽车品牌A集团带来的价值包括：
1) 对全球汽车品牌A工厂庞大和错综复杂的数据提供实时的整合和兼容能力，涵盖整座工厂模型中的所有元素，例如工人、机器人、建筑物，以及在执行虚拟工厂规划、自主机器人、预测性维护和大数据分析等模拟任务中的装配零件；2) 缩短生产规划时间、提高灵活性和精确度，并有望帮助品牌A能够比以往更加精准、高效地对新车进行定制；3) 统筹协调全球的生产系统安排，包括物料、配件、整车等；
据数据评估，该工业元宇宙平台能显著提升全球汽车品牌A的生产规划效率。

七. 小结

综合而言，元宇宙及工业元宇宙未来市场空间巨大，是互联网发展到一定阶段后的大势所趋。当前处于元宇宙发展的早期，对企业而言，重要的是厘清元宇宙的价值点和不同应用模式的特点，与企业自身发展相结合，前瞻性、创新性的进行探索和尝试，积累经验，为未来竞争做充分准备。

德勤以全面的咨询服务及数字化转型能力为依托，致力于帮助客户从企业元宇宙战略和业务规划、元宇宙技术体系和能力体系建设、元宇宙业务运营等方面进军元宇宙，并实现与企业的数字化转型无缝衔接。在元宇宙时代，与我们的客户以及众多业界同仁和合作伙伴一起，共同促进工业转型升级和高质量发展。

联系人

林国恩

德勤中国副主席

科技、传媒和电信行业主管合伙人

电子邮件: talam@deloitte.com.cn

董伟龙

德勤中国工业产品与建筑行业领导合伙人

电子邮件: rictung@deloitte.com.cn

郭晓波

德勤中国能源、资源及工业行业主管合伙人

电子邮件: kguo@deloitte.com.cn

周令坤

德勤中国汽车行业主管合伙人

电子邮件: lingkunzhou@deloitte.com.cn

王嘉华

德勤管理咨询中国元宇宙卓越中心领导合伙人

电子邮件: hansonwang@deloitte.com.cn

作者

王嘉华

德勤管理咨询中国元宇宙卓越中心领导合伙人

电话: +861085342558

电子邮件: hansonwang@deloitte.com.cn

冯朝明

德勤管理咨询中国元宇宙卓越中心副总监

电话: +861085125776

电子邮件: marfeng@deloitte.com.cn

童日雷

德勤管理咨询高级顾问

电话: +862161411197

电子邮件: ritong@deloitte.com.cn

办事处地址

北京
北京市朝阳区针织路23号楼
国寿金融中心12层
邮政编码：100026
电话：+86 10 8520 7788
传真：+86 10 6508 8781

长沙
长沙市开福区芙蓉北路一段109号
华创国际广场3号栋20楼
邮政编码：410008
电话：+86 731 8522 8790
传真：+86 731 8522 8230

成都
成都市高新区交子大道365号
中海国际中心F座17层
邮政编码：610041
电话：+86 28 6789 8188
传真：+86 28 6317 3500

重庆
重庆市渝中区民族路188号
环球金融中心43层
邮政编码：400010
电话：+86 23 8823 1888
传真：+86 23 8857 0978

大连
大连市中山路147号
申贸大厦15楼
邮政编码：116011
电话：+86 411 8371 2888
传真：+86 411 8360 3297

广州
广州市珠江东路28号
越秀金融大厦26楼
邮政编码：510623
电话：+86 20 8396 9228
传真：+86 20 3888 0121

杭州
杭州市上城区飞云江路9号
赞成中心东楼1206室
邮政编码：310008
电话：+86 571 8972 7688
传真：+86 571 8779 7915

哈尔滨
哈尔滨市南岗区长江路368号
开发区管理大厦1618室
邮政编码：150090
电话：+86 451 8586 0060
传真：+86 451 8586 0056

合肥
安徽省合肥市蜀山区潜山路111号
华润大厦A座1506单元
邮政编码：230022
电话：+86 551 6585 5927
传真：+86 551 6585 5687

香港
香港金钟道88号
太古广场一座35楼
电话：+852 2852 1600
传真：+852 2541 1911

济南
济南市市中区二环南路6636号
中海广场28层2802-2804单元
邮政编码：250000
电话：+86 531 8973 5800
传真：+86 531 8973 5811

澳门
澳门殷皇子大马路43-53A号
澳门广场19楼H-L座
电话：+853 2871 2998
传真：+853 2871 3033

南昌
南昌市红谷滩区绿茵路129号
联发广场写字楼41层08-09室
邮政编码：330038
电话：+86 791 8387 1177

南京
南京市建邺区江东中路347号
国金中心办公楼一期40层
邮政编码：210019
电话：+86 25 5790 8880
传真：+86 25 8691 8776

宁波
宁波市海曙区和义路168号
万豪中心1702室
邮政编码：315000
电话：+86 574 8768 3928
传真：+86 574 8707 4131

三亚
海南省三亚市吉阳区新风街279号
蓝海华庭（三亚华夏保险中心）16层
邮政编码：572099
电话：+86 898 8861 5558
传真：+86 898 8861 0723

上海
上海市延安东路222号
外滩中心30楼
邮政编码：200002
电话：+86 21 6141 8888
传真：+86 21 6335 0003

沈阳
沈阳市沈河区青年大街1-1号
沈阳市府恒隆广场办公楼1座
3605-3606单元
邮政编码：110063
电话：+86 24 6785 4068
传真：+86 24 6785 4067

深圳
深圳市深南东路5001号
华润大厦9楼
邮政编码：518010
电话：+86 755 8246 3255
传真：+86 755 8246 3186

苏州
苏州市工业园区苏绣路58号
苏州中心广场58幢A座24层
邮政编码：215021
电话：+86 512 6289 1238
传真：+86 512 6762 3338 / 3318

天津
天津市和平区南京路183号
天津世纪都会商厦45层
邮政编码：300051
电话：+86 22 2320 6688
传真：+86 22 8312 6099

武汉
武汉市江汉区建设大道568号
新世界国贸大厦49层01室
邮政编码：430000
电话：+86 27 8538 2222
传真：+86 27 8526 7032

厦门
厦门市思明区鹭江道8号
国际银行大厦26楼E单元
邮政编码：361001
电话：+86 592 2107 298
传真：+86 592 2107 259

西安
西安市高新区唐延路11号
西安国寿金融中心3003单元
邮政编码：710075
电话：+86 29 8114 0201
传真：+86 29 8114 0205

郑州
郑州市金水东路51号
楷林中心8座5A10
邮政编码：450018
电话：+86 371 8897 3700
传真：+86 371 8897 3710

因我不同
成就不凡

始于1845

关于德勤

德勤中国是一家立足本土、连接全球的综合性专业服务机构，由德勤中国的合伙人共同拥有，始终服务于中国改革开放和经济建设的前沿。我们的办公室遍布中国30个城市，现有超过2万名专业人才，向客户提供审计及鉴证、管理咨询、财务咨询、风险咨询、税务与商务咨询等全球领先的一站式专业服务。

我们诚信为本，坚守质量，勇于创新，以卓越的专业能力、丰富的行业洞察和智慧的技术解决方案，助力各行各业的客户与合作伙伴把握机遇，应对挑战，实现世界一流的高质量发展目标。

德勤品牌始于1845年，其中文名称“德勤”于1978年起用，寓意“敬德修业，业精于勤”。德勤专业网络的成员机构遍布150多个国家或地区，以“因我不同，成就不凡”为宗旨，为资本市场增强公众信任，为客户转型升级赋能，为人才激活迎接未来的能力，为更繁荣的经济、更公平的社会和可持续的世界而开拓前行。

Deloitte（“德勤”）泛指一家或多家德勤有限公司，以及其全球成员所网络和它们的关联机构（统称为“德勤组织”）。德勤有限公司（又称“德勤全球”）及其每一家成员所和它们的关联机构均为具有独立法律地位的法律实体，相互之间不因第三方而承担任何责任或约束对方。德勤有限公司及其每一家成员所和它们的关联机构仅对自身行为承担责任，而对相互的行为不承担任何法律责任。德勤有限公司并不向客户提供服务。

德勤亚太有限公司（即一家担保有限公司）是德勤有限公司的成员所。德勤亚太有限公司的每一家成员及其关联机构均为具有独立法律地位的法律实体，在亚太地区超过100个城市提供专业服务。

请参阅<http://www.deloitte.com/cn/about>了解更多信息。

本通讯中所含内容乃一般性信息，任何德勤有限公司、其全球成员所网络或它们的关联机构（统称为“德勤组织”）并不因此构成提供任何专业建议或服务。在作出任何可能影响您的财务或业务的决策或采取任何相关行动前，您应咨询合资格的专业顾问。

我们并未对本通讯所含信息的准确性或完整性作出任何（明示或暗示）陈述、保证或承诺。任何德勤有限公司、其成员所、关联机构、员工或代理方均不对任何方因使用本通讯而直接或间接导致的任何损失或损害承担责任。德勤有限公司及其每一家成员所和它们的关联机构均为具有独立法律地位的法律实体。

© 2022。欲了解更多信息，请联系德勤中国。

Designed by CoRe Creative Services. RITM1196900



这是环保纸印刷品