

目 录

1. 工业元宇宙概述	1
1.1 工业元宇宙定义	1
1.2 现在开始探索工业元宇宙	1
1.3 工业元宇宙落地方法	5
2. 工业元宇宙技术体系	7
2.1. 工业元宇宙基础设施架构	7
2.2. 工业元宇宙技术与产品	9
2.2.1. 技术及管理类	10
2.2.2. 生产及设备相关类	14
2.2.3. 经营管理类	17
2.3. 综合集成应用技术	19
3. 工业产品	21
3.1. 工业产品虚拟化达到可制造的水平	21
3.2. 虚实结合的工业产品	22
3.3. 更加美化、人性化的工业产品	23
4. 工业制造过程场景	23
4.1. 营销新模式	24
4.2. 设计场景	24
4.3. 从智能制造到智慧制造场景	26
4.4. 工业产品应用场景	27

4.5. 企业战略决策场景	28
4.6. 质量管理场景	30
4.7. 库存管理场景	32
4.8. 物流管控与优化场景	34
5. 人机结合	36
5.1. 从基层创新到战略创新	37
5.2. 虚拟身份与虚拟人	37
5.3. 人机结合	39
6. 从企业到生态平台，再到工业元宇宙	39
6.1. 积极推进元宇宙单元新兴技术应用	40
6.2. 构建企业内部集成平台	40
6.3. 主持及参与供应链平台、行业平台、地区平台	41
6.4. 积极建设工业元宇宙平台	42
7. 政府监管与政策支持	43
8. 未来的展望	44
参考文献	49

1. 工业元宇宙概述

1.1 工业元宇宙定义

如果把元宇宙看成是虚拟、现实与人及人的思想相结合的世界，那么工业元宇宙是元宇宙的一部分。如果把元宇宙看成一种概念、一种技术，那么工业元宇宙可以理解成元宇宙概念、技术在工业中的应用，是元宇宙赋能工业，促进工业改进、创新，乃至革命。在经济社会中，工业是对自然资源的开采和对各种原材料进行加工及装配的物质生产部门，在经济体量上目前仍是产业结构中的第一组成部分。因此探讨工业元宇宙，显然具有重要意义，也有向社会其他行业进行推广的价值。

工业元宇宙是目前三维设计、虚拟现实、增强现实、人工智能、数字孪生、物联网、5G 网络、大数据、云计算等新兴技术的发展优化乃至升级并有机大集成，作为基础设施



将大幅度提升算力（硬件、软件、算法）、展示力、交互水平、通讯流量、速率、数据储量，将促进工业企业、行业的生态发生革命性的改变，改变人的思维模式，促进创意、创新、创业，促进工业产品的丰富性、高质量、精细化、艺术性，具备竞争力，进而创造巨大的经济价值与社会价值。

将元宇宙化繁为简，可以狭义理解为是信息化的单元技术提升、集成性提升、水平提升，核心强调可视化水平升级，目的是可以让人更好地体验，从而快速思考、触动心理，从而产生合适、有效的行动，并取得卓越的成果。工业在国民经济中占有重要地位，因此结合国家的政策，将两化融合、智能制造、数字化转型与元宇宙结合，提高这些项目的技术水平、能力，将对工业产生巨大影响，从而促进工业产品、工业企业行业生产过程和工业产品应用都上升到卓越的水平。

1.2 现在开始探索工业元宇宙

对于元宇宙而言，很多人认为从理论、技术、产品、基础设施都不太成熟，因此可以让元宇宙再飞一会儿。典型的例如 VR 头盔，很多人认为，目前佩戴时间超过 15 分钟，就会出现

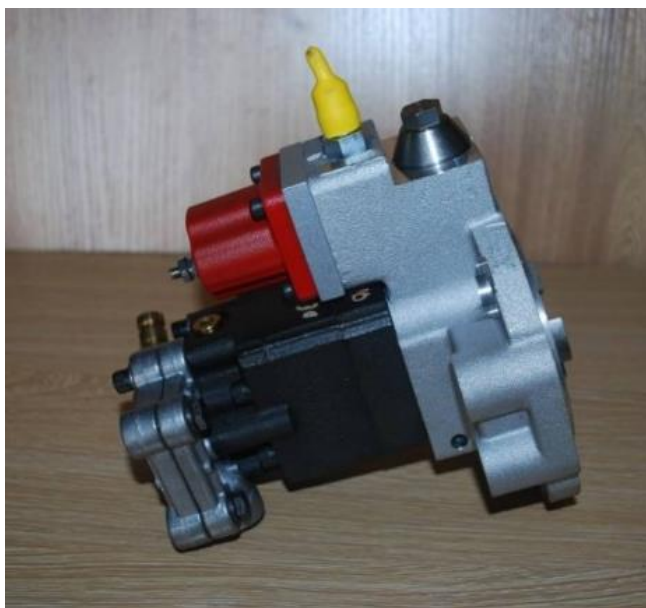
眩晕情况。再如网络设施，因为目前的传输能力限制，对于元宇宙模式的立体三维信息的数以百兆、乃至 GB 级的数据，目前还达不到几十毫秒级的传输，因此交互的感觉差，达不到沉浸感、真实感的要求。而最重要的是，目前三维数据的内容还是相对比较少的，花费数千元，甚至数万元购置装备并不经济。而我们认为，对于元宇宙，需要从可行性、必要性与迫切性方面进行分析、思考，而最终的结论是应该现在就开始探索工业元宇宙，也就是既不是痴迷元宇宙，也不是观望，甚至敬而远之，而是适度投入，结合具体细分领域、典型场景进行试探性推进。



可行性:针对工业元宇宙项目的应用开展，我们要对比综合分析。第一是技术的成熟度。第二是需求的满足度。例如现在有些技术、产品费用非常高，但是这些技术是相对成熟的，同时这些技术并不是所谓最先进的。那么在企业中在经营策略上，一般会采用相对成熟的技术，而不是最先进的技术。这样推进规模化应用，才能够避免巨大风险。当然如果企业综合思考长期竞争力，而且新兴技术就是企业的战略导向，那么必须深入研究最先进的技术，并探索典型场景的应用。对于需求的满足度，很多人会非常理想化，例如说能够解决多少问题？能不能够百分之百解决？经济价值多大？那么我们要从定性到定量的模式来思考元宇宙的技术、产品的应用。对于工业企业而言，最先进技术的百分之百的问题解决，更多是个学术上的理念，而可行性的模式，我们认为还是例如人机合成的模式。用一个多年前的案例来说明，曾经北京交通大学机械系与南口机车车辆厂，联合开发油泵油嘴的计算机辅助设计系统。第一部分包括基础数

据的输入，输入完成后进行性能计算，同时得到油泵油嘴的一些绘图参数。如果性能计算结果不合格，则改进基础数据，如果认为计算结果合理，则可以利用这些绘图参数，进入第二部分。

第二部分是一个绘图用数据处理程序，执行后将之前的基础数据、绘图参数读入系统，并按照规则进行变换，然后生成细化的绘图数据，然后人工也可以调整。完成绘图数据后，进入第三部分，进入 Autocad 环境，调用 LISP 绘图语言编制的程序，根据这些绘图数据，自动生成图形。这样的一个系统，对比以前的工作模式，效率提升非常明显。原先模式需要两位工程师工作一个月，才能完成一个产品设计工作。而采用系统后，一位工程师两天就可以完



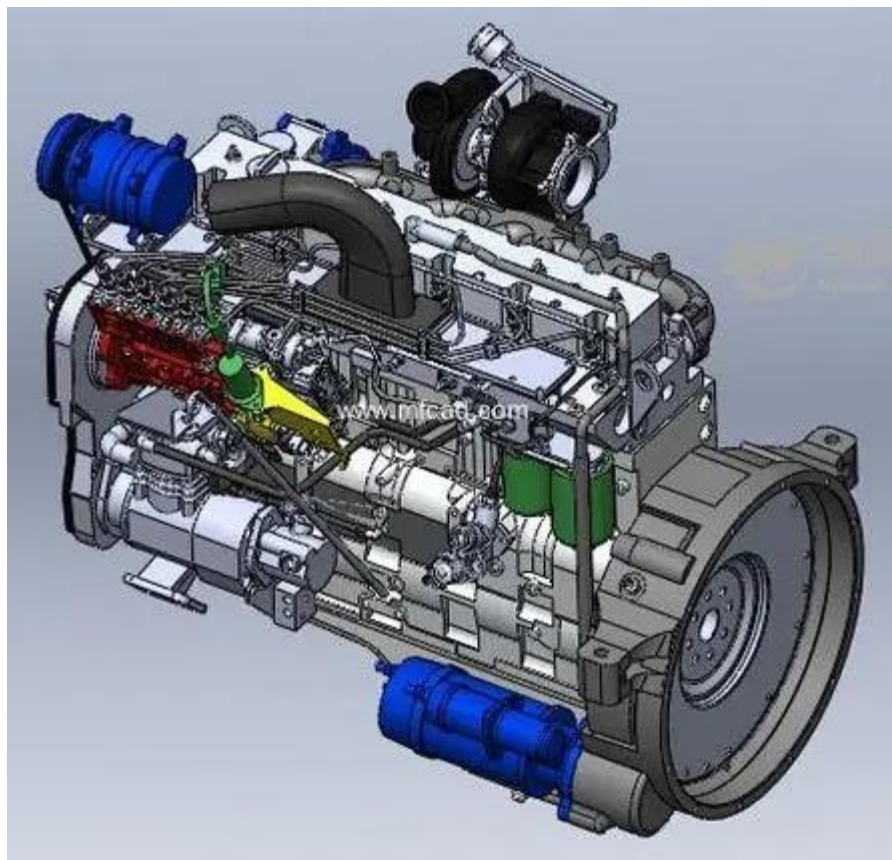
成产品设计，包括 37 张图纸的绘制。这个项目在设计模式，就决定不是程序完成全部图形绘制的，因为其中不考虑图形干涉，而在程序绘制图形完成后，由设计师根据图面细节情况，适当进行干涉调整。所以对于推进工业元宇宙而言，关键在于能不能构思出一个好的、可行的策略。

必要性:进入元宇宙时代，整个世界、整个社会没有人能够独善其身。作为一个企业，不是孤立的，需要和其他企业保持一致，而为了竞争力，甚至很多时候需要领先一步，这样才能赢得市场。法国就有一个案例很典型，在飞机总装设计装配



时，采用供应商提交的三维模型，结果装配时在很多细节上出现了碰撞。认真研究原因发现总装企业使用的软件版本和配套企业使用的软件版本不一致。而大量的细节问题结合起来就变成了大问题，该型号飞机预计的设计时间被延误了八个月。而很多情况下，企业采用先进技术往

往是被逼的。曾经戚墅堰机车车辆厂在参与当时的铁道部项目招标时，要求提供基于三维的、用来维护的柴油机爆炸示意图。于是企业安排购置软件、硬件，请求干部处调动人员，然后 18



天就完成了柴油机的从零件到总装的三维建模工作，零部件数量数以千计，同时批量性培养了 21 位三维设计人员。但是需要注意的是，如果市场竞争激烈，如果客户提出要求，不能在较短时间内予以满足，可能会丧失市场机会。

迫切性:这是我们认为的工业元宇宙时代最重要的一个概念，目前国家在推进数字化经济，一些省市也推出智能化改造与数字化转型，而且很

多企业因为疫情经营非常困难，那么在这个时期，就迫切需要用新的理念、新的技术来武装自己。在宣传方面，针对细分领域结合元宇宙思维、技术、产品，构建出符合自身特色的、具有优势的产品与方案，从而吸引注意力，并和媒体合作，扩大影响力，从而为企业带来商业机会。同时深化元宇宙研究，真正意义确立出企业在单元领域的优势，提升水平，从而把理念落到实处，不仅知道，而且做到。同时可以把工业元宇宙狭义理解成信息化应用的升级，对于企业的水平提升也有很多优秀案例，核心在于这些信息化软件、硬件、系统、平台要普及应用、深化应用、高水平应用。例如北京一家工业企业，生产奢侈品牌的销售展柜。而项目往往门店水平要求很高、时间



也很紧急，并且费用也会比较高。但是生产过程中，却经常出现拖期情况，后来企业普遍采用三维设计软件，并精确测量客户现场数据，结果生产的整体产品、零部件更为精确，于是现场的差错问题大幅度降低，重新板材切割之类的问题基本杜绝，这样生产效率提升显著，顾客的满意度也明显提升。

综合而言就是，很多学者也提出在元宇宙的新格局下，工业企业可以弯道超车，还有些人提出换道超车，但是我们甚至要提出升维打击，真正思考如何打破思维里面的框架限制，确立以往的、当下的产品与服务，在元宇宙时代的上台阶级式提升，这样才能够开始探索工业元宇宙，并取得良好的成果。

1.3 工业元宇宙落地方法

元宇宙作为一种新兴的理念、技术、生态，结合企业的具体业务，进行探讨分析其应用，将可以更好地理解具体执行的模式、应用的方法，带来的业务变化，从而分析其投入产出，有个从宏观到微观，进而再回到宏观的过程。安全管理是工业企业生产经营中的一个重要部分，具有重要的意义。下面介绍元宇宙在安全工作四个阶段。分别是：工作前期、工作准备、工作进行、工作的结束与总结。

工作前期：主要针对安全工作的学习训练，安全培训可以提高员工的风险辨识和安全操作技能。将某作业岗位人的动作要领分解细化，对每个细化的要领进行风险辨识，从设备的本质安全、符合人机工程的作业环境、确立人员的正确操作。准备 VR、AR、MR 各种材料。可一对一地培训，也可对同类人员进行组合培训。学习的方式可以分成三个阶段，虚拟阶段、增强现实阶段、混合现实阶段。安全问题有些可以现实化模拟，更多的是不能现实模拟，例如地震应对、大型火灾应对等等，VR、AR、MR 从技术上是渐进的，投入也是渐进的，经过这样的顺序，也是性能价格比比较高的模式。而在学习训练过程中，可以充分利用人工智能技术，分析学员的状态、动作、反应时间等等，从而更好地制定强化学习训练的策略，取得较好的结果。



工作准备：一般安全工作包括：重点安全点检和隐患排查，点检部位与内容，正确图示确

认，隐患描述确认与消除等。从实际的安全工作来看，例如相关的法律法规、注意事项很多，结合具体工作就会有一些相应的要求，而根据当天的任务，需要什么样的准备，有什么风险，需要什么样的设备等等。这些可以建立一套智能系统，安全人员输入当日任务信息后，系统展示出一些相关的材料，这样具备针对性，就可以大幅度提高效率。一些不确定性的问题，系统可以进行智能性地探索性应答。在这个过程中，事务具体、相关信息具体、人员具体，可以采用多种形式的展示模式，采用虚拟化模式，人机交互的形式进行预演及检查确认，然后再上岗。安全涉及的材料很多，范围很广，个人遗漏、误解等等很常见，采用这种有针对性的人工智能模式预期工作成效会有显著改进。



工作进行与管理：从管理维度，安全着重人的不安全行为与各类人员的安全监督，融入新安法三管三必须，不局限于安全管理人员，一般的作业人业也需要正确操作的自主管理。不能仅仅把元宇宙、信息系统看成技术，而要作为动力工具看待，它们也可以具备使能能力。例如每天工作按 8 点开始，系统之前会生成任务条目，要求安全人员上班后需要任务条目查询检索、思考当日工作需要的规章要求、准备要求等，并提交系统。而管理人员可以在 8:30 查询系统，掌握安全人员是否完成这样的准备工作。在执行相关安全工作时，安全人员除了一些业务必须设备等，还携带一些元宇宙相关设备，具备边缘计算、传输能力、信息采集，甚至一些辅助性可远程遥控的设备。在应对当前任务时，安全人员如果可以掌控态势，顺利解决，可以关闭，不做进一步处理。如果出现疑难问题，那么可以向后台服务器、云计算中心提交请求，请求的信息包括人工提交的文字、语言、照片、录像等等，也包括采集设备采集的信息，后台系统具备人工智能，有强大的知识库，可以给予有针对性的应答。而假如后台系统没有合适的答案，那也可以构建强大的有一定数量的高水平专家资源库，联系专家进行合作处理。一些特殊问题，专家可以远程进行操作。最终保证问题的完满解决。从管理的角度，对于一些风险较高的工作，可以实现远程的监控，指导，甚至是可以采用远程控制技术，实现远程的操作。再如一些特殊领域，例如核设备的检测，则可以采用机器人，进行巡检。



工作的结束与总结。通常安全工作经常会出现收尾不善的情况，这样自检、他检、十分重要。利用信息化手段进行检查也可以加以应用，充分利用元宇宙时代的感知技术、人工智能技术，快速实现检查验证，从而保证安全工作的完备性，高质量。而针对当前完成的任务，回顾作业全过程，查找隐患，进行反思、总结、提高、固化、优化，这样积累的经验、教训可以输入到系统中，系统具备学习功能，可以扩充知识库，供今后的普及应用。重大事项及时宣传推广与反思培训、落实相关改进措施。

2. 工业元宇宙技术体系

2.1. 工业元宇宙基础设施架构

进入元宇宙时代，连接进入系统的主体、内容将越来越多。典型的，一个人会有多种身份；通过物联网，将接入更多的设备；一个人拥有的智能设备越来越多；而我们所处的环境，所处的世界，也将会有更多的智能化终端，包括采集、传输、计算、控制能力。所以未来，不是以往说的万物互联，而可能是万亿物互联、亿亿物互联，而互联的前提就是从物理世界的事物转变成数字世界、虚拟世界的事物，那么未来，现



有的一些基础设施的能力都要定性上更高一个台阶，定量上有明确的技术指标的显著性变化。所以可以预期的是基础设施将得到高速发展，比较典型的就是算力、图形展示力，网络系统、大数据、人工智能等内容。

网络的提升：元宇宙时代的网络会更加的多元化，从接入端看，以往的手机、平板、计算机还是二维显示与交互，而采用 VR 眼镜，则会使三维显示和交互，因此如果消费端能够规模化采用 VR 眼镜，而另外一个领域，例如智能汽车、工业装备、城市基础设施的物联网终端能够规模化，结合起来，那么整体网络产业链将发生重大变化。而面对不同类型的应用场景而言，

网络支持的要求也是差异很大的，例如工业生产往往需要毫秒级，而以往的平面信息，人的感官只要低于 300 毫秒，人就可以接受。但是如果是几十兆、几百兆的三维数据传递，要达到几十毫秒级，人才不会眩晕，这样就给网络提出了一个很高的要求，因此综合设定场景的解决方案尤为重要。第二网络的信息



传输要真实可信，未来要加强对攻击者、攻击行为的识别，并且能够追踪，证据保全，并追究相应的经济、治安、法律责任。第三是网络系统的不确定性，如何保证网络的可靠性、鲁棒性尤为重要。综合而言，针对工业领域的工业互联网、车联网等新型应用，需要一些细分领域的典型场景的样板性工程，实现技术突破，最终以点带面实现新型网络的更上一层楼。

云平台：一般意义上的云平台会认为是大数据、硬件设施、计算软件、人工智能系统的集成，但是这种定义实际一种技术的定义，而实际上通过了这些数据，可以连接各种设备资源，

连接城市环境资源，最终连接人，连接组织（专家团队），因此是一个庞大的资源空间，是一个具有势能的场。在这样的空间里，如果规模足够大，其能力也会巨大，因此需要理性看待平台。最典型的概念就是所谓的去中心化，而从互联网发展的历史来看，



最初的目标就是离散化，但是实际发展的结果却是越来越大的中心化，但是这种中心并不是单一中心化，而是有多中心化，而某个细分领域，第一家占到 90%以上，第二家、第三家也就几个百分点，然后剩下的大量的 1%不到的单元。但是我们也要看到很多极为细分的领域的小型中心，另外也要说成是最小的单元，也就是个人，以个人为中心的小宇宙，在传统意义上，一个顾客可能影响 25 个人，但是未来个人的影响力可能有巨大的差异，有的人可以有数以万计、百万，甚至亿计的影响力，而有的人可能数百、上千。但是也要注意这种影响力比传统的模式要大得多。

海量的复杂单元的综合集成能力：对于工业行业而言，云化是必然的方向，而资源聚集到一起，就需要更好地制定规范、接口、协议，这样才能更好的集成、统一，而且这些集成技术也是需要不断发展的，不断创新的。典型的例如工业产品，从满足



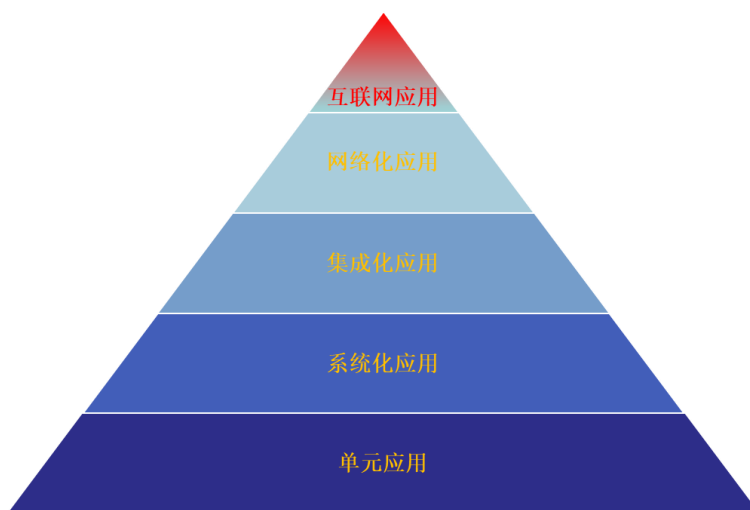
功能、性能要求，到满足文化需求，到满足个性化需求，甚至是某一时刻的心理需求，这个细化将带来生产、管理的高度复杂性，就必须重构企业、重构生产模式，管理模式，充分利用网络基础设施、云平台，再结合人的智慧，才能在外部多样性和内部标准、自动化、智能化方面获得平衡，从而构造出工业生产的元宇宙时代的新模式。

综合而言，网络系统及云平台将成为物理世界、数字世界、虚拟世界与人的汇集的基础与场所，是一个需要仰望、需要探索，而又可以获得巨大收益的元宇宙核心。

2.2. 工业元宇宙技术与产品

元宇宙在工业领域将会广泛应用，带动生产力提升、改进工业的业务模式，促成企业数字化转型、以人为本转型，优化产业生态，进而促进价值分配与经济模式转变。在工业领域有大量相关的工业软件、系统、互联网平台，进入元宇宙时代，这些软件、系统、平台也将达到一个更高的水平，也就是要上一个台阶，因此我们按照工业管理模式将主要技术划分成三类，第一类为技术及管理类、第二类为设备及生产相关类、第三类为经营管理类。另外说明在工业元宇宙技术体系中不介绍元宇宙中的一些常规技术，例如虚拟现实、增强现实、虚拟人等内容。

从工业信息化发展的路径来看，可以分成五个层级，分别是单元应用、系统化应用，集成化应用，网络化应用，以及与更为广泛的互联网相集成。而系统与人的关系也逐步升级，从解决单元问题的工具类软件、到计算机辅助工具，再到以信息系统为主，以人为辅的模式，甚至以计算机为主的系统，再到针对开放复杂巨系统的从定性到定量的综合研讨厅体系。逐步发展的典型技术与产品包括 1: 二维绘图工具。2: 三维设计软件。3: 产品生命周期管理系统、企业资源系统与制造作业系统。4, 计算机辅助工程 CAE(仿真)。



而从这些技术、系统与工业的关系来说，两者也是相辅相成的，企业的信息化水平高，企业的工作效率、产品质量也会高；反过来，因为产品的要求高，因此也促进了信息系统的发展。而从经济学的角度看，我国不同行业的信息化水平、两化融合、智能制造、数字化转型差别很大，例如航天航空领域、汽车领域的应用广泛、深化，水平高，而一般的工业企业往往层级较低，使用的系统少，孤立式应用比较多，这种跟企业规模也有直接的关系。而随着我国的信息化系统应用的普及，积累了大量的知识，形成了数据、算法、模型、规范、软件、系统，这些都是宝贵的财富，可以继往开来。

2.2.1. 技术及管理类

工业领域在技术及管理方面，传统的软件、系统主要包括计算机辅助设计 CAD、计算机辅助工艺 CAPP、计算机辅助加工 CAM、工业设计 CAI、计算机辅助质量 CAQ、计算机辅助工程 CAE(仿真)，这些软件和系统由产品数据管理系统/产品生命周期管理系统(PDM/PLM)实现集成与管理。而进入元宇宙时代，将进一步深化三维展现、沉浸式体验、真实感体验，更强大的算力，并充分应用人工智能、大数据、云计算等基础。

CAD

CAPP

CAM

产品生命周期管理系统PLM

CAI

CAQ

CAE

三维应用及工业设计类，目前我国计算机辅助绘图已经非常普及，三维设计也进入了相对广泛的应用，从三维设计的系统看，可以包括机械设计、建筑设计、电子设计等内容，这些系统的应用，对于更为精确地表达工业产品，起到了非常重要的作用，同时工作效率高、质量水平好。这些系统通常会包括零件设计、装配、绘图、曲面等内容，另外会有很多的专业模块，典型的例如模具、钣金、管路线缆等等，同时这些模块的数据也可以实现有效的转换与集成，例如有所谓的主模型技术，而从管理的角度而言，采用模型驱动的结构，将有效地规范数据的内容、形式，数据量，从而可以实现更好的应用。

采用数字化技术，可以精确地表达产品，可以快速修改、复用，而从实际应用效果而言，利用三维建模技术可以减少产品的设计错误，计算出零部件，乃至产品的重量。设计的模型可以分成几何模型、物理模型与机械模型（建筑模型、电子模型等），这样也可以更好地展示、交流与改进，并最终实现加工生产。对于工业元宇宙而言，笔者认为，将工业产品的虚拟化水平提升到可制造的水平，这样将大幅度提升一次制造的成功率，但是对于设计人员，系统、硬件都提出了非常高的要求。

ZWSOFT

国产三维CAD
就用中望3D



进入元宇宙时代，工业产品不仅仅要满足一般意义上的功能、性能，而且更加要符合人的

心理,这样就需要进行工业设计工作,综合考虑产品的外观、材质、纹理,让人有更好的体验,当然产品也更符合人的便利性要求,这些都对建模软件、系统提出了更高的要求,但是另一方面,适合非专业人员,甚至儿童老人的建模软件系统也纷纷涌现,从而为大众创新奠定了基础。

目前我国的 CAD 软件主要包括 CAXA、尧创 CAD、中望 CAD 等,也有基于国外产品二次的开发平台,例如天正 CAD,天河 CAD 软件。在三维设计领域则包括 1: 国内的中望 CAD、国外的 3D Studio Max、Maya、Rhino、Blender、AutoCAD、CATIA、Unigraphics NX、Pro/Engineer、Top Solid、Solidworks、Cimatron、**Alias** 等。2: 基于照片的 3D 建模软件,例如 Autodesk 123D、3DSOM Pro、PhotoSynth。3: 在工业领域也有基于逆向工程的 3D 建模软件,也就是通过扫描出来点云构建模型,包括 Geomagic、RapidForm、ReconstructMe、PolyWorks。4: 一些基于网页(WebGL)开发的 3D 模型设计软件,如 3DTin、TinkerCAD,可以在浏览器中完成 3D 建模。5,另外也包括一些非专业的草图软件,如 SketchUp、Teddy、EasyToy 等。

而进入元宇宙时代,更有俗称“人物造型大师”的 Metacreation 公司的 Poser 软件和开源的 MakeHuman 软件。现在在网络上也出现了 从事捏脸的专业人员。此外需要说明的是,一些游戏软件也有建模的能力,例如我的世界 Minecraft、Unity,近来很火的 ROBLOX 等。需要说明的是,这些建模软件往往有自身的格式定义,在进行集成式往往需要转换成标准格式,有些产品相对独立,需要二次开发,而典型的如中科院遥感所就完成了 Unity 模型数据向自身三维系统的转换工作。

仿真分析类,通常介绍仿真分析,主要是计算机辅助工程 CAE,但是实际上仿真不仅包括 CAE,还有多项内容:

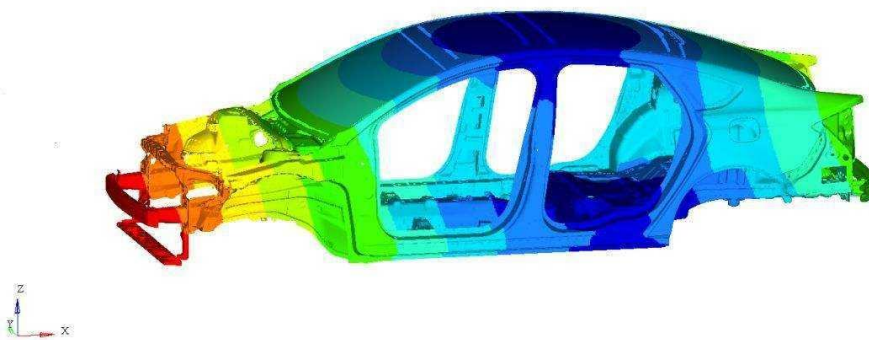
- 零件的加工仿真,根据产品需要,设置胚料、设置数控机床、装夹、刀具等信息,

设计工艺,并进行模拟加工,检查碰撞情况,分析加工效率等工作,最终生成加工代码,可以实现零件的数字化生产。



- 装配仿真，进入元宇宙时代，远程协同是一种常态，因此之前三维软件也支持装配工作，但是为了降低硬件系统要求，减少数据量，往往采取一些轻量级模型，进行产品、部件的装配，另外根据人的视觉需要，也采取一些，例如远近不同，则显示模式不同的方式，以提高显示效率。随着元宇宙时代的来临，利用头盔、利用平台，可以更好地查看虚拟产品、分析性能，找出问题，并持续优化。
- 生产线模拟与系统模拟，而在构造制造业企业方面，也有一些交互式、可视化的仿真软件，这些软件主要包括模型的构建，包括设备、人员、空间资源等，并对时间、资源的分配、使用、释放、变换，进行过程性的模拟分析，查看正确性、可行性，发现错误，解决问题，并且可以量化问题，并进行财务分析和决策优化。

➤ 计算机辅助工程 CAE，这类软件主要是偏向机电性能方面的分析计算，改变以往的产品设计、样品试制，然后进行试验分



析，最终定型量产的过程，而是通过虚拟的方式进行结构力学、流体力学、电磁学、热分析、碰撞分析、多刚体动力学分析、复合场分析等等，这样降低了实物制造的成本，可以缩短时间，提高质量水平，同时有效减低安全风险，并且可以不断优化，从而最终实现产品的一次制造成功。

- 零件的加工、装配仿真往往和三维设计软件集成，而生产线模拟与系统模拟软件主要包括 Arena、InteRobot 生产线仿真软件等等。典型 CAE 软件包括 产品, 如 Ansys、Simulia、Fluent、CFD、Altair、HyperWorks 等等。

产品生命周期管理 (Product Life-Cycle Management, PLM)，将产品从需求、创意开始，到设计、制造、营销、应用及服务，最终产品淘汰报废的全部过程。管理的对象不仅包括产品数据，也包括人员组织、工作流程、项目等内容。

产品生命周期管理系统可以作为各种技术领域的软件系统的集成化应用平台，而在产品数据的内容与形式上，现在先进模式是模型驱动的结构模式，这么模式下，对于数据的架构、数

据内容、形式、状态都进行了规定。而对比历史，从图纸，到三维模型，到工艺数据，加工数据，后来增加了产品结构数据、零件族数据，管理作业、流程、项目，进而实现与 ERP 集成等内容。因此产品生命周期管理系统也是不断发展的。而进入元宇宙时代，很显然的，数据的内容与形式又将产生巨大的变化，典型的，例如大量的动态的三维模型，为了更好地展示，采取多种级别的显示模式数据。

这里我们需要强调的是，工业的生产过程是一个不断的从不确定性到确定性的过程，因此数据是不断地转化的。例如营销时只有简略的技术说明，然后是设计方案，再到产品设计模型，设计图纸，再到工艺设计、加工设计，装配设计，再到质量检测、运输库存、应用服务，数据是越来越增加的，而在一个产品生产结束后，或者说一定的应用周期后，往往会对产品进行评价分析，以实现经验知识积累，从而为后期的设计生产起到指导作用。

国内的上海思普产品生命周期管理系统 PLM 是领军品牌，还有以财务软件知名的金蝶和用友分别收购广州普维、重庆迈特后宣称进入 PLM 行业。国外品牌如 PTC 的 Windchill、西门子的 TeamCenter、达索的 Enovia 等。

2.2.2. 生产及设备相关类

工业企业发展到今天，最典型的的就是出现了智能制造系统，最典型的的就是数控机床加工设备，检测设备、机器人，智能运输小车等自动化智能化设备。在执行控制方面。工业控制系统得到了广泛的应用，而为了提升生产的集成性，机床设备联网、自动化乃至智能化生产线已经日益普及，而为了适应车间级实时性、变化大、批量小的要求特点，制造执行系统得到了广泛的应用。这里主要说明元宇宙时代的一些典型的关联技术。

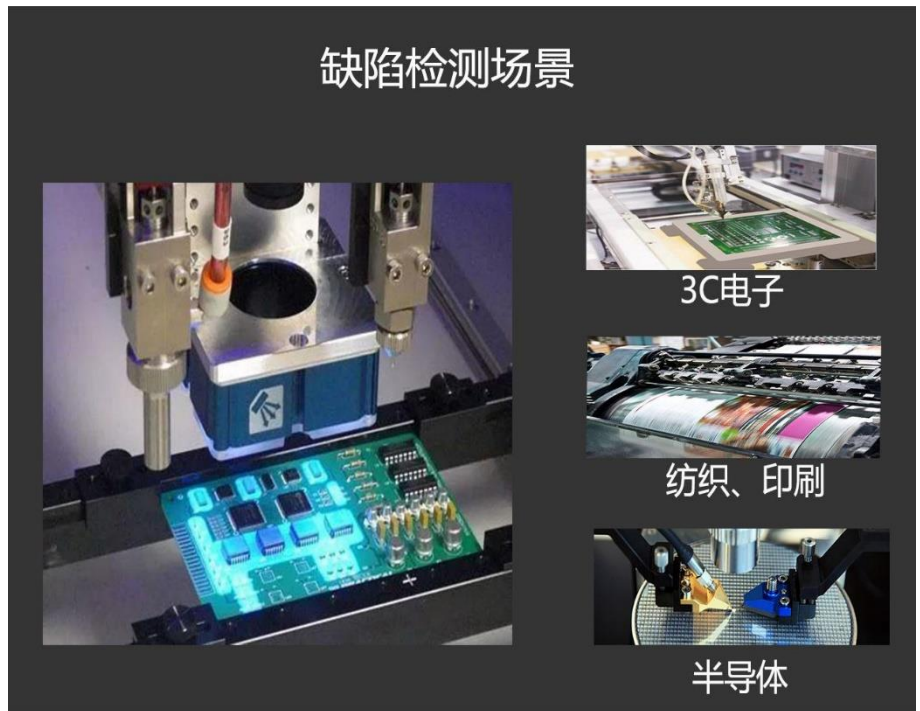


人工智能技术，进入元宇宙时代，工业产品越来越客户定制化、个性化，因此产品越来越

小批量，多品种，这样也就意味着大量的不确定性，在设计理念出现面向制造的设计，而在实际生产中，就会有大量的人工智能技术应用，比较典型的，例如生产过程中，物料在流水线运动，装夹机器人可以智能化识别，进行拾取、放置、固定。刀具系统智能化选择刀具、安装刀具，并智能化确定加工起点位置、在产品加

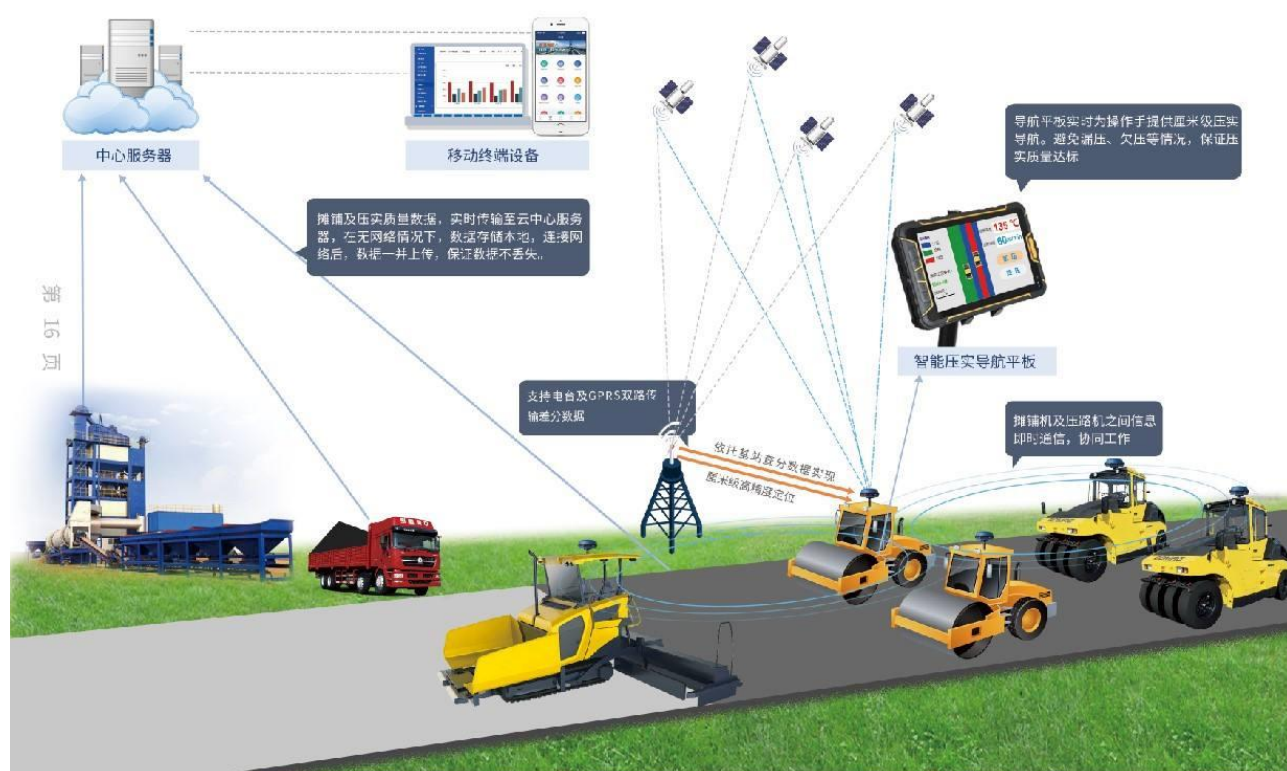
工时，能动态识别产品的质量状态，及时矫正，或者出现系统性偏差时进行报警，从而使生产更具柔性。

机器人技术，在工业企业中，机器人得到了大量的应用。工业机器人是用于工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，具有一定的自动性、智能性，主要包括动力及驱动部分、机械执行部分、传感部分、人机交互系统、控制部分，可以独立应用，或与主设备集成为加工制造单元、焊接单元、装配单元，可依靠自身的动力能源和控制能力实现各种工业加



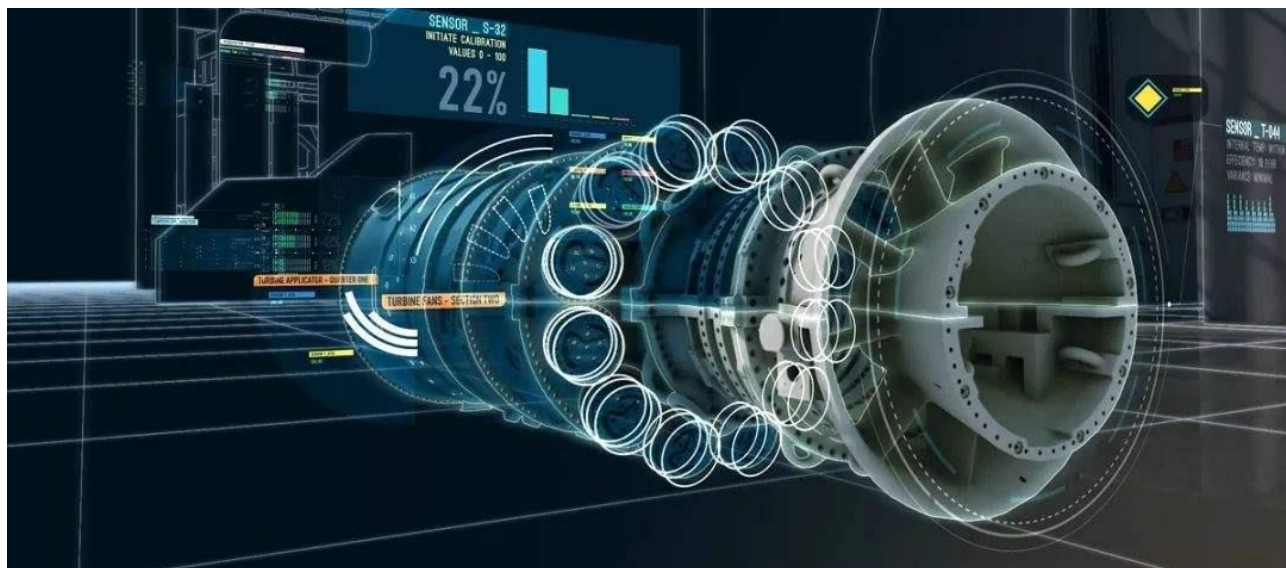
工制造功能。具备易用、生产效率高、安全风险低、容易管理、经济效益显著等特点。被广泛应用于电子、物流、化工等各个工业领域之中。在元宇宙时代，工业机器人会日益智能、自主化，机械动力性能为强大，而人机结合、网络化日益成为重要发展方向。

远程制造技术，在元宇宙时代，工业生产越来越离散化，标准化，除了一些重大装备、特殊装备外，加工设备、制造型企业将成为一种基于网络的能力提供者，这样的模式下，那么基于物联网、工业互联网、互联网、移动网络，远程制造的模式将成为一种趋势，这种模式下，如同工业 4.0 中提出的端到端的集成，在底层逻辑上大量的标准化，数字化，信息化，有统一的接口、算法、模型、软件，从而可以实现数据的变换与集成，最终形成加工指令，而基于网络，就可以传递从产品数据，直到加工的各种级别的数据，最终实现实时性的远程制造。而在制造的过程中，绝不是纯粹意义上的无人生产，大量的标准化的产品，可以自动化生产，有一些产品可以通过人工智能，柔性生产线、生产设备完成生产，更有大量的工作可以人机结合，通过远程的指导、管理、操控来完成。



数字孪生技术作为工业元宇宙的典型技术，在加工设备应用关联及工业产品生产过程中，可以认为是物理性的事物和数字虚拟性事物的同期变化，这样通过精准地映射，可以远程第创造出数字化模型，以 VRAR 的形式展现信息，从而使人可以更好的认知、监控、处理事物，从

而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。



在这些领域比较著名的企业，人工智能领域包括百度、华为、腾讯、阿里巴巴、科大讯飞、海康威视、华大基因、字节跳动、大疆、商汤科技；机器人领域包括富士康、杭州国辰、沈阳新松、南京埃斯顿、哈尔滨博实、湖北三丰、广东拓斯达、武汉华中数控、深圳大疆、北京臻迪；数字孪生领域包括：安世亚太、天夏智慧、延华智能、赛摩智能、神州数码、华力创通、能科股份、恒为科技、楚天高速、华中数控、运达科技、兰光创新等。

2.2.3. 经营管理类

传统的工业企业的信息化系统包括 ERP (企业资源计划)、CRM (客户关系管理)、SCM(供应链管理系统)，还有 OA(办公自动化系统)、PM (项目管理系统)、BI (商业智能系统) 等等，这些系统的核心是管理企业的各种资源，将其有机合理地组织起来，以最大程度发挥其功效，以实现经营性目标，也就是避免风险与失败,创造产值与利润。

而进入元宇宙时代,需要注意的是管理的对象发生了巨大的改变，典型的例如大数据、NFT 艺术品将成为企业最重要的资产，而发挥人的潜力，为人提高创意、创造、创新的平台尤为重要，生产协同面向全世界，而客户也面向全世界，当然竞争也面向全世界，因此企业必须积极学习、思考、接受新兴技术，把握时代潮流，才能在竞争中赢得胜利，做大做强，成为世界级品牌。

在元宇宙时代，数据将成为更主要的资产，那么系统的对数据的处理能力尤为重要，从会计电算化，支持企业规模化经营，辅助战略决策，数字资产的确权、定价、交流、交易，使用、

改进都变得更为重要，这些工作往往需要与云计算、大数据、移动互联网相结合，要求有更高的实时性、精确性与经济性。同时需要注意的是，在企业运作过程中，NFT 资产、虚拟人、虚拟身份、自然人，这些对象往往都是动态变化的，需要适度控制风险，顺畅应用。典型的，例如一项数字资产是与一个员工的虚拟身份绑定的，能否在员工离职时及时收回。



而在元宇宙时代，大量的创意创新工具涌现，采用虚拟人、虚拟身份可以促进企业员工发挥积极性，那么利用人工智能系统，构建基于互联网、移动网络的新兴技术的知识与技能对标系统就尤为重要。一方面跟踪、适应，甚至引领世界先进技术潮流，另一方面，保证自身企业的能力能与企业的生产运营、竞争与未来发展相适应。



综合而言，在元宇宙时代，企业的经营管理的对象将更为巨大、复杂、动态，因此将形成一种生态，而管理与控制这种生态也需要更为强大的经营管理系统，那么企业就要高度强调电子化、信息化、标准化、数字化，这样才能实现自动化、智能化，并在企业从领导到员工的智慧引领下，实现企业的盈利与发展。

在经营管理领域国内著名的公司有金蝶、用友，国际的 SAP 软件。我们需要注意的是国内的很多软件企业进行了大量的集成性工作，例如上海思普的 PLM 软件就和 SAP 软件完成了很好的集成体系，并在客户中大量应用。

2.3. 综合集成应用技术

进入元宇宙时代，例如 VR/AR 技术可以贯穿整个工业流程，用户可以通过穿戴设备进入虚拟场景，查看现实工业企业映射、生产过程，期望设计生产的产品，目前产品的应用形态等，而这种查看是可以突破空间限制的，对象可以是人、是工业产品、是环境场景，也可以是纯粹的数字信息、虚拟信息。

在数据信息层面，利用三维模型，整合物联网采集的数据，建立增强的环境、设备、人员的可视化模型，并可以对要素进行增强现实，一般性的设备、部件用线框表示，而例如机器内

部有故障的部件，用红色块表示，这样可以做到更好的展现。



在数据的展示层面，越来越多地实现总体化、体系化、重点突出化，具体而言就是展示的信息利用大屏幕、或者多屏幕技术，尽可能完整地展示数据。然后是根据企业的管理经营特色，将数据有机地集成起来展示，通过分析、综合、对比等方式，有逻辑地展示。再就是针对重点关注对象，予以强化显示，例如红色图表、警铃发声、闪烁显示，多种形式综合的方式，从而达到可以让人很好感知的目的。

在体验方面，针对人的感知能力，进行系统设计，典型例如显示的文字的大小，颜色之间差异的人的敏感度，针对色盲人员的特殊设计等等，这样的目的就是让人有很好的体验。而在手段上例如采用三维眼镜，这样可以更好地感知虚拟世界，从而形成沉浸感、真实感、美感。

进入元宇宙时代，因为信息量巨大，结合人的需求，需要自然而然的交互，传统的模式包括键盘、鼠标，然后目前有了一些触摸、手势识别，也有了一些图像识别、声音识别，表情识别、身体几何模型采集、动作识别、而现在也有一些探索性的交互技术与应用，例如远程的嗅觉、味觉、体感，脑机接口，这些都为更好地实现人机交互、人人交互提供了技术基础。

在实际的应用中，这些技术不是孤立的，而是集成综合应用的，因此单元技术很重要，而集成技术也很重要，就需要全流程，全链条地规划设计，从而结合具体的业务，包括例如远程的协同设计，指导生产、应用过程中的监控、问题解决、获得更为优越的运维方案，减少意外停机的带来的损失；针对用户、合作伙伴、服务人员的培训等场景，设计元宇宙时代的解决方案。

3. 工业产品

工业产品从简单到复杂，有封闭系统，也有开放系统，数量从单个到少量，到数以万计、千万计，乃至亿计的大规模，应用场景则千变万化，因此工业产品的设计过程、工业制造与应用过程实际上是从不确定性向确定性转变的过程。进入元宇宙时代，工业产品也将发生相应的改变。

3.1. 工业产品虚拟化达到可制造的水平

在消费领域，元宇宙强调沉浸感、真实感，而在工业领域，首先要探讨工业产品的虚拟水平，我们认为工业产品的虚拟化要达到可以实际生产的水平。在目前的现实中，企业往往根据职能会分成设计师、工艺师、车间工艺师、车间生产工人、班组长、调度等等，设计师需要考虑工艺，考虑生产，但是定性说，考虑得相对较少，定量说，也许 10%都不到。这样就导致从设

计到生产中往往会出现大量的问题，返工返修，重新设计情况比比皆是。造成这样结果的原因也是因为基础设施能



力、信息基础不足、设计手段、工具不足。进入元宇宙时代，将为虚拟化提升水平创造条件，例如国产的工业软件更具性能价格比，从而可以实现普及化应用。这样从三维设计的普及化，到计算机辅助加工的普及化、计算机辅助工程（仿真分析）的普及化。同时开展虚拟

仿真分析时，不仅考虑立足自身企业，也要考虑世界同行水平，客户需求水平，从而确立领先地位。而显然达到这样水平的虚拟工业产品的制造可以大幅度提高一次制造成功率，在市场上也具备竞争力。

3.2. 虚实结合的工业产品

工业产品不仅仅是一台单纯的设备，还有备品备件，还有安装调试，还有维修、服务等内容，因此工业产品不仅仅是钢铁，还有软件系统，还有算法，有大数据。在物联网、工业互联网、5G 移动网络的基础上，工业产品将更具智能化、智慧化。

典型的工业产品的使用说明从最早的使用书，包括文字与二维示意图，发展到三维的拆卸、安装爆炸图，再到提供二维码，查看拆卸、安装的视频，乃至基于 VR、AR 的应用与维护训练。更为重要的是工业产品在使用过程中，随着元宇宙时代的到来，工业产品的能力将大幅提升，例如工业机床设备、机械臂、机器人。例如机床设备引入视觉识别技术，应用人工智能，快速实现零件装夹。例如水稻插秧机器人经过设置后，可以自动规划路线、直行、曲线、转弯行走、自动提升插秧台，在遇到树、电线杆等障碍物还会自动绕行。一架植保无人机喷洒农药，每小时作业量可达 50 至 80 亩，效率是人工的 40 至 60 倍，同时可以节约 50% 的农药使用量以及 90% 的用水量。

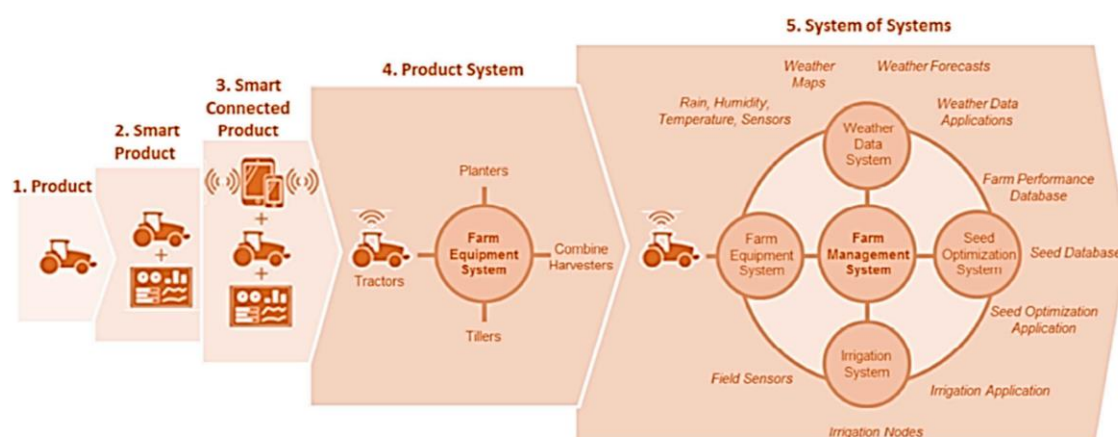


Figure 3. Agriculture 4.0. Source: own elaboration.

更需要强调的是元宇宙时代的工业产品，不仅可以前端作业，更可以有近端的大数据、人工智能、算力支持，远程的人员支持、控制、操作与管理，乃至基于整体互联网生态的数据、知识、智能迭代升级。

3.3. 更加美化、人性化的工业产品

传统的工业品都会给人以冷冰冰的感觉，而进入元宇宙时代，不仅是面向消费者的工业产品，例如手机、冰箱彩电、汽车，还是面向专业应用的机床设备、工程机械等，都将会更加地考虑人的感觉，人的体验，而在产品的应用方面，也将更加结合人的能力、行为，人的心理，从而使产品更符合人的需求。



工业设计以美学为基础对工业产品进行设计，涉及心理学，社会学，美学，人机工程学，机械构造，摄影，色彩学等，是各种学科、技术和审美观念的交叉产物，典型如造型设计、服装设计、包装设计等。在满足工业产品功能的要求的基础上，通过合理的材料、结构、构造、形态、色彩、表面加工以及装饰等，使产品具有新的视觉品质，符合时代潮流，协调应用场景，使人获得美的享受。

4. 工业制造过程场景

传统的工业的制造过程包括设计、生产、销售与应用，而在元宇宙时代，营销变得更为重要，因此个性化生产，依单生产占据越来越多的比例。而基于互联网的供应链协同制造、区域协同制造、远程制造乃至跨国制造、云制造将成为趋势。

而进入元宇宙时代，首先要强调工业产品的信息发生了巨大变化：从信息化到数字化，意味着信息更加精确，从定性到定量。而信息的完整性、时效性、实时性也都大幅度提升，由于网络能力的提升，可以让生产者与客户、消费者建立起更强大的、更好的沟通场景，更好的沟通模式，从而取得更好的沟通效果。典型的，以往传递的是二维图，今后传递的是三维模型；为了表达产品功能，可以传递产品的运动模型；表达产品的刚度、强度，可以传递仿

真模型；在制造过程中，客户、消费者可以实时掌握生产的进度，产品的生产情况，有问题可以及时处理，从而避免更大的、规模性的损失。或者有新的创意，可以及时落实。在产品的应用阶段，可以更加利用互联网、物联网、移动网络技术，实现从数字孪生，到信息物理系统，进而到元宇宙时代的实时性的远程仿真、操控、维护。

4.1. 营销新模式

产品让客户产生购买，核心是要满足客户的需求，然而很多时候，客户的需求并不是确定的，因此就需要双方进行沟通。沟通内容包括产品信息，也包括企业的生产能力、管控水平、价格成本等内容。以往企业应用信息化技术就有了很多很好的案例。

例如戚墅堰机车车辆厂针对上海铁路局领导查看新曙光动车组油漆方案图不满意，希望提供效果图的情况，联合浦镇车辆厂、软件公司、上海电影制片厂设计制作了效果图，获得了上海铁路局领导认可，推进了新曙光动车组项目落实。例如资阳内燃机车厂在参与一个美国项目招标时，针对美方提出的原有产品存在局部缺陷的情况，根据美方提供的产品图纸进行建模，并利用有限元软件进行仿真分析，结果得出的缺陷情况与真实缺陷情况一致，资阳内燃机车厂进而优化了产品设计，并采用有限元分析软件仿真分析，得出了一个可行性方案，最后赢得了订单。进入元宇宙时代，尤其是近期的疫情影响，客户的沟通，生产过程的管控，工业产品的应用服务都越来越多地需要转向线上，因此工业企业需要积极思考，如何利用虚拟化技术，更好地展现产品，展现生产能力，保障能力，从而满足客户的需要，为企业赢得发展的机会。



4.2. 设计场景

工业产品往往相对复杂，涉及多个领域，因此产品的设计是一个复杂的过程，称得上是一个开放的复杂巨系统，典型的就是个性化产品，客户定制产品，并不是完全的所有零部件都定制，不是客户可以随心所欲，而是在逻辑上要符合外在多样性，内部标准化的过程，综合考虑产品交期、产品质量、成本与服务便利性。

工业产品的设计也是一个过程，在元宇宙时代，更强调个人的创意，包括客户、消费者的需求，也包括企业领导、企业普通员工的创意，然后进行逐步的不确定性相确定性的转化，在虚拟化阶段包括，草图、二维图、三维模型、分析模型、加工模型等，而进入实际生产也往往需要一个过程，例如一般企业会有原型产品、初步的设计产品，定型产品，而航天领域则有的模样、初样、试样、正样。

在整体的设计过程中，沟通协同无处不在，典型的有设计师与设计师的协同，设计师与工艺人员的协同，与仓库物流的协同，企业人员与相关供应链的协同，企业人员与客户、消费者的协同，乃至与管理机构，如环保、安全、船级社等标准、管理部门的协同。这些协同



的场景都需要提升信息内容，数字化技术方面深化应用三维设计、装配模型、工业造型、仿真分析、优化设计等软件，物理上利用摄像头云阵，最先进的网络技术、如 AR/AR 设备，大屏幕展示设备，以更好地展示，交互与体验，以获得更好的产品设计。



在工业产品的设计中，尤其要强调多工况的考虑，随着我国的工业产品走向全球，应用的

场景日益复杂，工业产品又往往有着较长的应用周期，而随着时间的变化，工业产品也需要相应的维护保养，乃至最终的报废。因此在产品的设计阶段，不仅要考虑正常的使用，还要考虑一些极限的情况，乃至出现安全问题的紧急处置情况，因此未雨绸缪地进行预先的设计防范就尤为重要。另一方面，面向全球地思考应用场景，以及竞争产品、替代产品、客户产品，也将促使产品设计达到世界级水平，乃至世界领先水平。

4.3. 从智能制造到智慧制造场景

通常意义上的制造过程是物质的变化过程，有例如切削、挤压的物理变化，也有铸造、合成药品的化学变化，也有地理位置改变的运输变化；而实际上这些变化过程中，进入信息时代，也将都有信息的变化；同时制造过程也是人的作业过程。虽然目前的很多工作随着科技的发展，一些工作已经没有了人的参与。典型的出现了所谓的全自动化工厂，黑灯工厂，例如小米计划建设的年产能可以达到千万台的无人工厂。但是笔者以为，这种模式适用于工业产品的内在标准化部分，而不是完整的产品。作为整体的工业产品，还是要人机结合，就是在硬件设备层面，有数字加工中心、自动化装夹、智能刀具系统、机器人、自动运输小车、流水线等组成，在生产控制方面，需要检测技术、控制技术、自动化计划等等、在生产指挥方面，需要计算机技术，大数据技术、人工智能技术。而工业产品制造过程是效率、成本、质量、客户满意度的平衡与优化，所以很多工作还是需要人来完成，例如生产调度，例如异常情况的解决，例如生产过程的改进、产品的优化等。



德国提出的工业 4.0 强调将生产中的供应，制造，销售信息数据化、智慧化，实现互联，三大集成，降低信息不对称，加速加强各方的联系与反馈，从而达到快速，有效，个人化的产品供应。而在元宇宙时代，智慧制造是智能制造的升级，也就是要强调那些隐性的问题、或者说需要改进的问题，强调宏观的、而不是微观的，强调定性的，而不是定量的，强调经验的，

而不是逻辑的，这样把人与智能设备结合起来，才可以真正生产制造出客户满意，经济价值高的工业产品。而用元宇宙理念与技术的典型应用则包括：例如在产品生产之前模拟车间整体的生产过程；佩戴 VR 眼镜，在系



统指导下，进行复杂零件的安装；企业生产人员更好地监控生产设备的状态；快速解决生产过程中的问题；海外客户可以远程更好地掌握生产过程的状态，保证产品符合质量要求；对生产线、生产过程、工业产品进行改进优化等。

4.4. 工业产品应用场景

工业产品也是不断改进升级的，例如美国提出的工业互联网，就非常强调工业产品的智能化，而且强调从工业产品，例如航空发动机，到芯片、到网络设备、到电信运营商、到数据分析、展示的综合集成。进入元宇宙时代，我们需要综合考虑如何使工业产品保持正常的工作状态，保持正常的工作能力。

数字孪生、信息物理系统可以作为工业产品应用过程中的典型信息化应用模式。数字孪生的狭义定义就是从物理实体孪生出数据，而数据经过传输，变化了地理位置，例如太空中的卫星数据，传递到了地球上的控制中心，进而利用这些数据构建出卫星的三维模型，以更好地查看、掌握卫星的状态。数字孪生的进一步发展，称为信息物理系统 CPS，信息物理系统的构成包括三个要素，通讯、计算与控制，具备使能能力，具备闭环控制能力，可以认为数字孪生是



信息物理系统的核心组成部分。近阶段也有一个新名称诞生，就是 HCPS，这种模式则引进了真实的人，这样就更为完整，更具有智能、智慧。

而进入元宇宙时代，工业产用也需要达到一个更高的水平。例如以监控的维度说明，数据展示的内容不仅仅是所谓简单的复刻、映射，更要强调利用例如增强现实技术，让人更好地觉察到系统的异常。这里沉浸感只是其中一个要素，而且要考虑人的响应时间、操作速度等内容，从而使监控的水平提高到一个显著改进的层级。再如问题的处理，在产品的设计阶段，往往已经进行了大量的预测，但是难免还有会小概率事件发生，那么如何应急响应，如何快速处理，就需要当前场景的信息的完整、精细、正确、实时地传递，例如现在高铁运行过程中，采取了在轨道路基上安装大量摄像装置，在机车车辆设备上安装了大量传感器设备，以及相应的网络通讯设备；同时需要工业产品的仿真模型，相关场景（工况）模型，计算模型、算法、大数据基础、人工智能基础，还有一批多领域的专家团队，这样才能做到快速处置、正确处置。

另外随着工业产品的智能化应用，也改变了工业产品的营销经济模式，例如一台工程机械可以采取融资租赁的形式，使用人员可以用最小的成本开展工程机械的使用，而假如使用人员不按时缴纳费用，则企业可以远程停止工程机械，或者查询工程机械位置后将其运回。而宏观的，制造企业可以根据工程机械的开工情况，预测经济形势，以制定更合适的经营决策。

4.5. 企业战略决策场景

进入元宇宙时代，工业企业管理的手段也在提升，最典型的的就是很多企业的领导办公室，多了一块大屏幕，这块大屏幕尺寸巨大，画面酷炫，超强的科技感。对比以往，有所谓的管理驾驶舱，显然有了明显的时代差异。



而大屏幕的展示内容而言，一般会包括地图、图形、图表等视觉元素，这些视觉元素具有一定的逻辑结构，例如包括企业的生产运营状态，例如整体产品、重要零部件的生产数量，企业的总体销售业绩，企业的各分公司、子公司的销售业绩，企业的资金情况，重大的生产质量问题、顾客投诉等等。这些数据既包括当前的状态，也包括与计划的差异、发展的趋势等内容。相对于传统的纸张报表、计算机屏幕，因为屏幕大，因此可以承载的内容多，而且又有图形化的方式展示，因此可以让数据、信息，乃至异常更加直观，所谓一图胜千言，这样管理者可以快速感知，然后及时地作出正确的决策。

而大屏幕的展示内容有一定的逻辑性关系，可以很好地体系化，突出重点，对于一些复杂的内容，可以实现交互，例如数据的钻取，例如数据的筛选、旋转、切片、切块。典型的例如某类产品没有完成销售任务，在大屏幕上可以直觉展示，然后向下钻取，查询是那个子地区没有完成，进入子地区，进而显示销售业绩相关的数个因素，发现关键影响因素，进而做出管理调整决策。

对于这种大屏幕展示决策数据，首先要强调数据的完整性，也就是通过大屏幕，可以实现企业的概貌一屏尽览。然后需要注意的是，对于高层管理者而言，一定不是原始数据，而是经过清洗、转换，再根据需要而展示的数据。例如说一个企业的库存数据，不是所有的数据都展示，而是展示库存金额占比比较高的内容，一些有特殊性物料的数据，例如危险品，例如采购周期长的产品。第三数据的是集成性的，这样来讲就要求企业的数据必须确立规范，也包括数

据的转换、计算方式。典型的例如不同类型的货币。第四是数据的时效性，因为有了这么一块大屏幕，那也可以倒逼企业各相关部门按时输入数据，从而真正保证企业的智能改造与数字化转型的落实。

而从决策的应用的角度说，可以通过大屏幕更好地发现商业机会例如收集大量的数据，多种类型大数据，这些数据包括经销商、顾客、产品，乃至销售的过程，这样数据的维度增加以后，可以更好地反映事物的联系。那么可以发现产品的改进方向。例如使用一种带有重量感应的衣架，有的服装顾客拿起的多，但是购买的比例小，而另一类服装，顾客拿起的数量少，但是购买的比例大，那么前一种的服装可能款式好、颜色鲜艳，但是手感不好，这样需要改进面料。而后一种则一种可能摆放的位置不好，顾客不容易看到，那么需要和门店、商场协调。

在企业中往往存在很多问题，小问题、老问题、范围很广，企业没有一个直通高层的通道，而通过高层管理者的大屏幕，一旦上了大屏幕，也就意味着不会遗忘，有个说法就是挂牌督办，这样可以有效地保证生产质量问题、顾客投诉问题的解决。

第三种应用是通过大数据可以构建企业的决策依据，随着元宇宙技术、产品、基础设施的发展，数据的采集成本更低，这样的性能价格比就具备了可行性。例如工程机械企业可以实时查看目前企业售出的工程机械的开工情况，预测未来的需求情况，确立企业的产能规划。

第四种应用是企业有了一定的初步决策后，往往需要从定性到定量的数据验证，通过大屏幕，可以各种交互式地统计、分析、数据挖掘、推理、预测，最终用这些数据验证决策的正确性、量化的收益水平。

综合而言，元宇宙时代，工业企业的决策将越来越多的采用数字化手段，将宏观环境、企业现状、战略发展需要紧密结合，更加科学，精准，结合企业家的经验、智慧，经过统计分析、思考评判、创新，从而制定出卓越的战略决策。

4.6. 质量管理场景

在元宇宙时代，工业企业的质量管理要求会日益提高，由于疫情的影响，也随着网络设施等能力的提升，对于产品的信息、生产过程的信息，乃至产品生产过程的信息的掌控更为便利，那么就可以通过信息化系统、远程监控系统以及云平台实现一系列的数字化质量管理工作。

企业的质量管理数字化应用是逐步展开的，从产品质量的认知，到加工工序质量控制、远程的工作协同、应用过程的服务等。首先是产品的质量数据的检测，例如随着我国的铁路的大

提速，高铁停车时间很短、行驶的距离很长，那么对于产品的质量要求就变得非常高，例如一些重要的构件有一些规定的超声要求，但是从历史经验来说，还是出现了一些范围外的位置出现了缺陷，有的甚至造成了重大的事故，那么一方面要广泛检测构件，而且在指标方面都更多种类地确定。而另一方面，因为检测技术的提升，因此可以对比发现产品的内在问题原因，予以有针对性的改进，就可以很好地改善产品的质量。例如一个企业生产的油漆的耐久性不够，通过电子显微镜分析，发现与竞争对手的差异就是微颗粒的形态不一致，这个企业的颗粒较小，而竞争对手的微颗粒尺寸交大，于是研究如何把微颗粒尺寸变大，而实现了这种改进后，油漆的耐久性问题得到很好的解决。而另外一个企业曾经的一次事故，造成了 2997 万的损失，其原因就是构件的原始裂纹位置不在规范要求范围之内，而出现事故，因为在质保期内，不得不做出赔偿。而另一次重大事故，则造成了 4995 万元的损失，其原因就是刚才的低温冲击性能不足，导致了产品出现了很严重的裂纹，幸而被早期发现，才未造成更大的损失。

而例如统计过程控制软件、实施（Statistical Process Control）在生产性企业得到了大量应用，但是很多也流于形式。典型的笔者就曾遇到一位刀具企业总经理告知说，客户



也不看。类似的现象很多，结果就是很多企业出现批量性产品生产不合格的情况，然后这些交了学费才真正执行，或者因此丢了客户，丢了定单，造成企业运营不下去。而笔者也遇到一家客户说，如果我们不认真看 SPC 结果，供应商往往对付着做，用不好的刀具，快速地进给，这样弄得公差虽然说合格，但是不是优秀产品。而随着网络基础及相关软硬件系统的发展，企业与供应商之间建立起工业互联网平台，可以远程实现生产过程数据的监控，从而保证生产过程仅受随机性因素影响，而且这种随机性因素影响比较小，而一旦出现系统性因素，则可以早

起采取措施，从而避免批量性损失。

另外从产品检测的手段而言，很多是远距离的，例如钢材铸造出来以后，要送到晶像分析室去检测，而通过网络可以及时传递检测的结果，从而缩短生产车间进行下一步工作的等待时间。再有现在很多的检测手段，采取了非接触式的检测，例如在铁路道轨上安装摄像设备，当列车通过时，进行拍照，采用人工以及人工与人工智能相结合的方式，分析照片，检查是否有转向架零部件脱落，这样避免重大安全事故。再如检查柴油机的机油磨粒，分析其铁谱，分析其成分构成、尺寸、形态等信息，判断柴油机的活塞与气缸的状态，从而可以早期发现问题，或者在出现故障时能及时发现。

而从网络化的应用的角度，也有企业采用了平台化的管理模式，例如企业生产过程中的缺陷、客户要求整改的内容，统一电子化、信息化，输入到质量管理系统中，这样在完工检验前，要检查所有的质量问题是否全部处理完，是否全部归零，否则就不能往下流转，从而有效保证不会有缺陷的产品流出企业。

进入元宇宙时代，质量管理越来越重要，从一般意义的合格品、良品、优质品的定性管理，到定量管理，例如六西格玛的百万分之 3.4 的失效概率将提升到万万分之一以下的失效概率，而生产过程的管控可以远程化、数字化、智能化，这样的卓越质量理念与水平，将促进达成面向客户体验的完美顾客满意度。

4.7. 库存管理场景

工业企业的库存是企业资产的重要组成部分，能否有效地管理库存直接关系企业的竞争能力、经营能力，而将库存数字化、信息化可以有效提升库存的利用率，提高库存周转率，也避免因库存不足而导致的停工停产状态，使库存处于经济合理的水平。

在元宇宙时代，企业的库存需要以更好的方式进行表达，例如一个的总会计师介绍说，企业在项目生产过程中，往往需要多备材料，而项目结束后，这些多出来的材料就成了库存，总会计师曾经数次向技术人员提要求，希望他们将库存采用消耗掉，也可以给予一定的财务奖励，但是收效甚微。而笔者给他建议，材料毕竟在仓库中，这样技术人员对于了解库存的状态的便利性是不足的，因此建议在技术部门打墙壁上，挂一块大白板，用便利贴的方式展示当前的材料库存。总会计师一听就认为这个方法简单易行。

而在库存管理方面，需要精确的、科学地保管，以减少损耗，方便存取。例如随着智能化的应用，库存的货品增加了 RFID 标签，这样在盘点时，可以用非接触的方式快速点检。再如

有系统实现指示灯系统，当有一张捡料单输出确认后，仓库中物料对应库架、库位上方的灯就会亮起，而物料检出后，灯光熄灭，这样大幅度提高了拣货的效率。当然更进一步的，一些智能化的仓库，设置了导轨、自动化小车，结合智能机器人，可以实现存储、移动、分拣、组合、从而提升整个物流配送的效率。



而在企业生产过程中，生产现场也同样存在着库存管理问题，成为线边库存，那么例如当一个批次生产完成后，通过物联网、工业互联网、移动网络，及时提交生产完成信息，可以及时通知物流设备或者人员进行转运工作，或者考虑信息传递及执行周期，适当加以提前量。再有如果缺料，也可以通过设置库存看板，通知仓库人员或者智能设备及时补料。

而在库存管理，也需要规范企业的库存管理模式，正确设置在手量、可用量、在途量等数据规范，包括单位、时效性等问题。企业的运作现在往往远程化，而基于网络系统，那么信息的及时性、有效性就尤为重要。例如一个在实施 ERP 系统时，因为业务紧急，负责审批的人员不在，IT 人员底层操作，做出了一张发货单，结果货物从上海发到南京才发现，本来 1 车就够的货物，因为单位错了，发了 5 车出去。再如一个企业总经理在日本与客户洽谈，然后联系国内询问库存状态，国内库房人员告知库存足够，于是总经理与客户签订了定单，但是等到他回国时，却发现，因为没有锁定库存，结果给日本客户的库存不足，最终导致了赔款的结果。

在元宇宙时代，数字孪生技术得到广泛的应用，那么企业的库存量是否经济是个重要问题。例如一个总经理在车间巡视，结果发现某个零件，类似的模具开了很多，然后让技术经理去查看，并考虑改进。然后技术经理要求模具图纸统一管理，采用信息系统，技术人员要尽可能地利用现有模具，如果要开新模具，需要技术组长统一，高价值模具还要技术经理同意，结果这种措施下，企业一年就节约了 400 多万的模具费用。



而从时效性的角度说，正确提高时效性将有效实现库存管理水平。例如一个汽车企业，零件的转运箱经常出现不足的情况，后来企业开发了一套转运箱管理系统，不同于一般的进、出、调拨，系统中增加了一项功能，就是定期产生一个转运箱的位置的报表，如果时间过长则排序后标示出来，结果一个投入很小的系统就解决了转运箱滞留的问题。

综合而言，元宇宙时代的库存不仅仅是物理库存，更是越来越强大的数字库存，虚拟库存，在数字世界与现实世界的结合下，库存管理的智能水平、智慧水平将越来越高，资源利用率日益提升、运转周期将日益缩短，这些都可以预期实现。

4.8. 物流管控与优化场景

物流过程是个复杂的过程，在元宇宙时代，人们可以在虚拟环境下进行大型的物流的规划分析，模拟环境、设备、货物种类、数量，计算时间、效率、经济性，从而改进设施、物流设备的设计与布局，更好地利用运输设备空间、仓库空间等物流各项资源，从而高水平、低成本、低风险地完成物流规划的设计、试验与执行，并可以在此基础上持续优化。而大量的虚拟、现实世界沉淀积累下来的数据、知识与系统，会更好地支持当前的物流运作，实现物流的效率升级，并随着时间的发展，数据、知识与系统也将越来越强大。

在技术方面，集成利用自动驾驶、仓储智能化系统、物联网系统、地图系统、人机交互技术，在原元宇宙时代，更强调人与物、与场的关系，让人更好地感知运输设备、产品状态、内

部、外部的环境状态。同时也可以利用智能化技术，实现综合性的管控，例如系统监控司机的车辆行驶时间，避免疲劳驾驶，另外数据也是可以通过网络传输到交通管理中心的，这样实现远程的管控、制度化管控。

元宇宙时代的物流场景首先包括运输产品的状态管控。典型的如淘宝购物后，消费者就可以方便地利用手机了解自己购买的商品，是否发货，目前到了什么位置。而在最后的一公里运输中，目前的智能快递柜发挥了有很大的缓冲意义，商品放置到快递柜后，系统会将消息传递到消费者手机中，方便存取。而有的实际快递员配送中，消费者可以实时利用 APP 查看快递员的位置，这样可以高效对接，为商品的精准配送创造了条件。

而在运输的过程中，需要实时地掌握环境、运输设备、货物所在的内部环境、外部环境的状态，比较典型例如汽车行驶时的道路拥堵情况，智能地确定多条路线，确立路线的优先顺序，无人驾驶模式下可以自动执行，有人驾驶时可以便于驾驶员选择，而数据、信息、场景的展示会越来越具有沉浸感、真实感，让人运作更为自然。再如在冷链运输过程中需要监控集装箱内部的温度情况，而且这些数据是可以通过网络传输到云平台，并且是用户、消费者可以查看的，另外数据的查看形式在元宇宙时代会更加的有效，例如汇总出结果是否正常，总体采取曲线的形式展示，让人直观掌控。

随着技术的进步，物流的水平越来越高，例如飞机的速度越来越快，载客量越来越多，铁路行业的高铁、电气化、重载、高寒、高海拔发展，汽车的量越来越多，轮船航线遍布全球，这些运输设备的本身价值，运输的货物、人员价值与意义越来越



越大，因此保证物流设备的可靠性、安全性日益重要。因此例如通用电气数年前提出的工业互联网就是通过集成化的理念，强到整体信息流的打通，实现硬件、数据、软件、知识的集成，从而实时监控发动机的状态，保证飞机的运行安全以及优化能源消耗。而我们的铁路行业典型

的进行内燃机车的柴油机的铁谱磨粒的分析系统，更便利地检测柴油活塞和气缸的状态。目前的高铁机车、车辆运输过程中，实时检测车轴温度，采用高速摄像技术，采集转向架的照片，通过工作人员与人工智能相结合的方式，检查转向架的零部件是否有脱离，异常位置等状态，从而保障机车车辆的安全运行。

目前元宇宙相关的很多技术尚需完善，例如虚拟空间的物体，目前很多只是几何模型，尚未上升到物理模型、机械模型，这样一些响应、动作就不能满足物理规律，而虚实直接的结合尚需要更为强大的传感器，以更多元、更快速、更多数量地采集数据，需要更强大的网



络系统实现多种形式的大容量的数据实时性传输，而结合边缘设备，就要具备相应的计算能力、展示能力，更好的结合场景的交互软件技术、展示技术，甚至包含大容量、超长时间的电池，从而让人有更好的体验，从而更好地管控与优化物流。但是我们可以预期，元宇宙时代，未来随着物联网技术、地图技术、社会化的数字环境建设越来越强大，就为智能驾驶、无人驾驶、物流机器人、物流配送车、物流无人机等先进技术的应用奠定了基础，交通运输的能力日益扩大，人类的活动范围会发生革命性变化，古代的一日千里目前已经实现，终有一天，一个筋头十万八千里，无论是虚拟世界、还是在现实世界，实现企业都不再是神话。

前述的是工业产品的典型制造过程，实际上的制造过程可以更为细化，而且可能往复迭代，而在元宇宙时代，更要强调集成，元宇宙涉及的各种技术、场景、应用更为繁杂，更为讲求要素之间的数据架构，模型，接口等内容，强调大集成能力。而这种单元提升与大集成所带来的将是工业的显著性改进，例如顾客满意度提升到 99.99，一次生产成功率 99%，产能利用率提升 3%以上，产品质量水平达到万万分之一之下，而人均产值则提升一倍以上等。

5. 人机结合

元宇宙时代，人不仅是消费者，也是生产者，更是创造者。首先个人要有元宇宙的思维模

式，也就是要敢于想象，制定出一个以往不可能实现的目标，针对这个目标进行深度思考，也许就可以发现一些未曾想到的资源、创意，也就是灵感，将这种灵感，也就是创意表达出来，并利用接力式创新予以转化，将促进个人、产品、企业的跨越式发展。

5.1. 从基层创新到战略创新

企业的构成包括人、财、物，而人显然是其中最具活力的部分，是可以具备灵性的，因此构建创新文化，发挥人的积极性至关重要。而在元宇宙时代，可以理解成个人可以有了更好的创新工具，例如三维设计软件、仿真软件，这样可以基于计算机构建虚拟样机，模拟多种场景（工况）下的状态，工业产品的创新成本可以大幅度下降。而通过网络系统，可以连接企业内部、企业供应链，乃至整个世界的相关人员，并且可以利用 VR/AR/XR 等技术实现展现、交互、交流，从而更好地认识、评价、改进、创新工业产品，或者说对产品进行不断地发展。在企业中，则从全企业的维度来思考新产品、产品改进，这样也就上升到企业战略层面，从而促进基层创新上升到战略创新。当然企业在元宇宙时代也需要积极推进创新文化，改进管理思路，变成赋能思路，从管理员工到赋能员工，从而让企业更具活力。



5.2. 虚拟身份与虚拟人

在工业企业中，传统就有实物的虚拟人，例如汽车碰撞试验中就使用假人；也有虚拟的假人，例如在设计车间生产线时，考虑人机工程，也就是让机器、装置更适合人的生理机能与心理特征，从而使人的工作省力，感觉舒服，例如人体的骨架结构能够适应，肌肉组织能够操纵，精神系统能够控制，同时要保障人体的安全。进入元宇宙时代，这种虚拟人将



会有更为广泛的应用。

目前元宇宙里一般意义的虚拟人，例如航天系统和新华社推出的小净，这个虚拟人很接近真人。那么这样我们会很有亲切感。现在很多例如演唱会，也有那种虚拟人，可以让过去的明星复活。而在营销领域，也有很多的虚拟人，进行产品营销和服务，这种新模式应该说也是取得了很好的效果。



另外在工业企业中，更要强调虚拟身份，典型的因为个人的身份原因，往往会人微言轻，那么建立匿名的合理化建议系统，就可以大幅度减少这样的问题。再如构建虚拟组织，例如引入外部资源，如星期天工程师，外部专家库，不求我有，但求我用，这样都可以大幅度提升企业的能力。同时随着互联网、通讯能力的提升，外部人员、专家也不必亲临现场，可以做到远程指导、远程操控、远程交流、远程解决问题、远程协同创新。



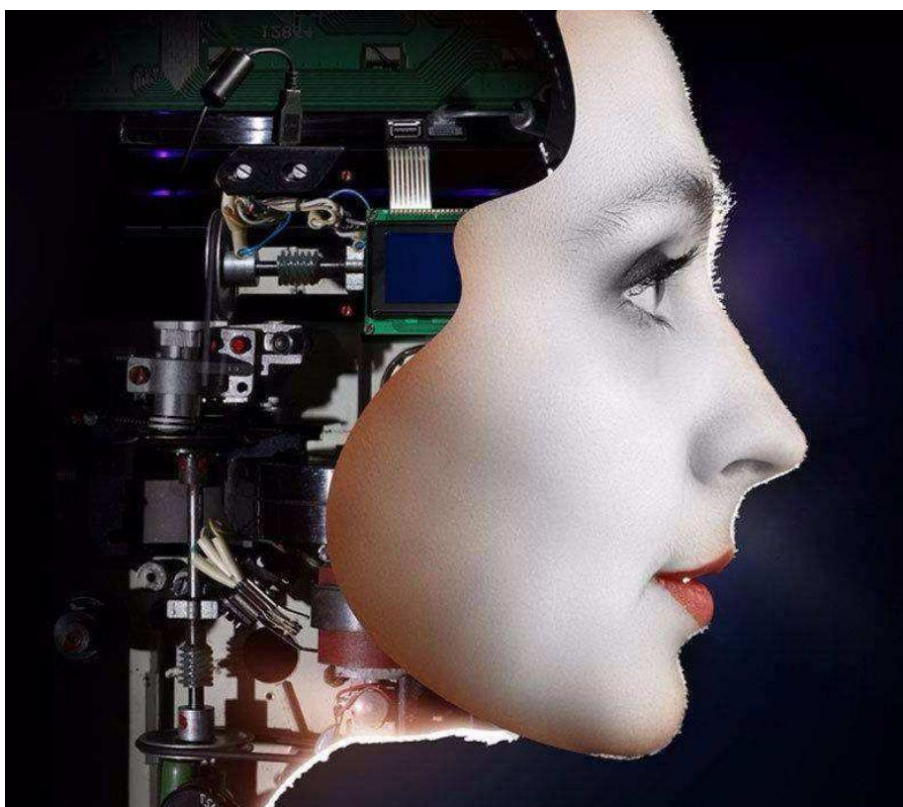
企业是元宇宙时代最重要的经济主体，从现实的企业组织到与网络相结合的虚拟组织会日

益广泛，发展。象海尔的员工创客化就是一种虚拟组织模式。这种模式有个核心标志，就是个人，跟企业之间，有没有劳动关系。海尔的员工创客化，从劳动关系上来讲，和员工没有劳动关系，但是仍然是紧密合作。在元宇宙时代，包括疫情的影响，相信这种模式会越来越多。

5.3. 人机结合

进入元宇宙时代，不能把人与机简单地分离，而是要集成性地看待，工业的制造过程不仅是物的变化过程，也是信息的变化过程，更是人的作业过程，那么人与机器结合，与大数据、云计算、人工智能相结合，才是正确的方式，或者说是趋势。

典型的笔者提出 MetaMan 的概念，也就是超智能人，如果按照地域划分可以分成四个层级，第一层级是前端，由人与作业单元，例如机械臂、机床等，数据采集单元，边缘计算智能设备（提供交互、展现、计算、通讯）构成，第二层级是近端，由支持人员、管理人员、服务器、人工智能、云计算、大数据等提供支持与管理，第三层级是远端，



则是有远程专家，更为强大的服务器、人工智能、云计算、大数据提供支持，也可以与客户、消费者、供应链进行展示、交流，体验，改进，第四层级则是更为广泛的全网性连接，涉及行业、地区、国家、乃至全世界的资源可以支持、协同，解决问题，保障运作，促进创新。

6. 从企业到生态平台，再到工业元宇宙

元宇宙来临，企业、个人是重要的主体，但是让企业每个人的价值发挥出来，让创意变成产品，让产品规模化生产，才能真正创造出巨大价值，因此元宇宙赋能工业企业显然意义重大。元宇宙代表多种新兴技术与理念，在企业中应用，可以总体规划、分步实施、重点突

破、效益驱动的模式，根据自身企业的具体情况，从单元技术、到内部平台，再到外部平台，乃至工业元宇宙平台推进发展。

6.1. 积极推进元宇宙单元新兴技术应用

制造业创新体系中，企业是核心主体，联合政产学研用，在工业领域加强关键技术攻关，积极引进科技成果，加强企业的数字化应用的广度、深度，提升数字化水，加强数字化与工业化的融合。推进元宇宙相关新兴技术应用，普及应用三维设计、仿真分析、工业造型、优化设计，将工业化、电子化、信息化、数字化融合提升到新的水平，构建工业互联网、物联网、移动网络，强调可视化模式，应用 VR/AR/XR 模式，在企业各业务领域推进应用，改进企业的生产、管理与决策。



6.2. 构建企业内部集成平台

工业产品的设计与制造是非常复杂的不确定性向确定性的转化过程，数据的种类、数量是不断增加，例如订单阶段只是技术要求说明，设计阶段产出是批量的图纸、三维模式，工业阶段一张图纸、一个零件就是数张工艺图纸、乃至几十张工艺图纸，而到生产阶段，每一个产品都有相应的生产记录，进入数字化时代，元宇宙时代，这些图纸、信息需要电子化、数字化，

并实现标准化,从而更好地传递、集成、转换应用,因此企业构建统一的设计平台、管理平台、创新平台,尤为重要,这种也有的称为数据中台。而数据中台强调数据,必须强调数据的规范,数据交换的算法、模型、交换协议,从而实现信息的大集成模式。同时数据不是简单的集成,而是要在生产中,以及生产后,应用服务中,不断提炼知识,建立知识系统、专家系统、人工智能系统,从而提升运营支持能力、问题解决能力、创新能力。



企业级数据中台产品和解决方案介绍

6.3. 主持及参与供应链平台、行业平台、地区平台

工业企业根据自身的定义积极地主持及参与企业之外的平台建设,相对于内部平台更为重要,通过供应链的集成、可以实现全链优化,从而提升管理效率、生产效率,降低与客户、消费者之间的信息不对称而产生的错误,提高顾客的满意度。通过行业平台,资源共享、技术共享、问题缺陷共享,在各有专攻、各有所长的基础上,通过对标管理,提升技术融合、产品融合、业务融合,从而取长补短,提升整体行业的水平。通过地区平台构建产业集群,实现联合营销、设计、制造与服务,并促进数字经济、元宇宙新的产业,构建新兴业态,对于高价值工业软件、复杂高精度、大尺寸机床设备、检测设备、大数据、高算力、高显示力、人工智能系统集约性使用,提高综合利用率,降低使用成本,以获得较高的性能价格比,促进新兴技术的广泛化、普及化、深化、高水平应用。



6.4. 积极建设工业元宇宙平台

工业元宇宙也可以看成是一个跨越更大范围、更大时间的、包含更多内容的大型平台，是数据资源、设备资源、人力资源的载体，是企业发展、行业发展、地区发展、乃至国家发展的主阵地，是企业经营与竞争的重要载体，有比喻说数据资源、数字资源是新一代的石油，那么其重要意义不言而喻。建设工业元宇宙不仅要采集数据、传输数据、存储数据，更要通过人工智能，国内外专家团队对数据进行分析、处理，用更好的，更容易让人接受、让机器设备更容易接受的方式进行展示，从而促进数据、数字、知识的应用，辅助生产经营、决策应用，解决问题，促进创新。



需要注意的是工业元宇宙平台会出现强者越强，大者越大的格局，因此在目前元宇宙眼花缭乱的阶段，尽早入局，抢占先发优势，树立大旗尤为重要。在具体执行时，企业、行业、地区要发挥自身特色，结合自身优势，建立与自身匹配的，但是也大胆超越的、面向世界、面向未来的工业元宇宙平台。

7. 政府监管与政策支持

在工业企业的生产运营过程中，政府需要进行安全、环保、应急等监管工作，实现可视、可管、可控，随着元宇宙时代的来临，越来越多的先进技术得到了广泛而深入的应用。而另一方面，从国家到地方，出台了大量的政策，支持发展元宇宙，尤其是与产业相结合的领域。

在安全监管方法，政府部门构建出数字化管理平台，一张地图展示辖区的所有生产企业，实行网格化管理，每个企业都有一个二维码。在安全检查的过程中，将安全问题通过扫码，然后对应的界面中输入平台。企业通过 APP 填报整改信息，提交照片等材料。监管人员进而按照流程要求，进入系统查看整改情况。而同时根据问题的级别设置二维码的红橙黄蓝颜色，根据颜色管控安全检查频次。从以前人员为主导，变成数字化监管，全面留痕迹，从而过程透明、公开，监管执行流程缩短一半时间，关停启封时间更具实时性。



在生态环境监管方面，采用物联网技术、视频监控技术、人工智能技术，构建数字化平台，对企业的排放情况进行管控。例如系统经过数据运算产生报警信息，数据方面出现短暂的排放

超标然后快速回落的不合理现象，然后生态环境执法人员通过回溯视频监控，发现企业员工将检测探头放置到矿泉水瓶中，因此排放数据快速回落。锁定线索、固定证据后，环保、公安、检测部门联合执法，将环境犯罪案件及时予以处置。



目前不仅各大互联网公司在布局元宇宙，从中央到各地政府也纷纷出台元宇宙相关政策，支持元宇宙在产业发展应用。例如工信部表示要培育进军元宇宙的创新型中小企业；北京市将启动城市超级算力中心建设，推动组建元宇宙新型创新联合体，探索建设元宇宙产业聚集区。上海将元宇宙写入电子信息制造业发展“十四五”规划；浙江省数字经济发展领导小组办公室将元宇宙作为到2023年重点未来产业先导区的布局领域之一；江苏省无锡市成立元宇宙创新联盟、无锡市元宇宙产业园挂牌、滨湖区推出太湖湾科创带引领区元宇宙生态产业发展规划》；网易元宇宙产业基地落户三亚、将共同推动海南自由贸易港在数字文化建设方面取得新成果；深圳成立元宇宙创新实验室；武汉将元宇宙写入“政府工作报告”；合肥前瞻布局元宇宙产业；张家界成立元宇宙研究中心。

8. 未来的展望

在工业制造领域，相关的智能制造政策包括中国制造2025，美国的工业互联网，德国的工业4.0，而综合而言都是在强调“数字化、互联网、人工智能”+“制造业”。而进入元宇宙时代，我们认为要强调是“个人创意/体验”+“数字化、互联网、人工智能”+“制造业”。元



对于个人而言，元宇宙时代来临是个机会。工业是个创造价值的行业，有着大量的知识积累，也需要规模性的资产资源。因此无论是大学的学生，还是企业的高层、中层管理者，工业的各个专业的人员，都要在思维上有所扩展，有突破性思想、全面思想、量化思维与可视化思维，积极学习元宇宙的基本知识，提升自身的数字化能力，结合自己的学习、工作、生活，提升业务水平，深度思考从数据，到展现，到体验，到作业，到管理，到价值的全过程，改进沟通效果，实现基于互联网的从班组车间，到工厂企业、到行业，到国内国外，从而可以更好地展示自我，激发创意，表达创意，积极参与创新创业，在数字虚拟空间，虚实结合世界里，让自己有更多的知识，有更强的能力，有更为有效有价值的行为，从而梦想成真。



对于工业企业而言，则要有建立世界品牌意识，积极应对疫情的挑战，把握发展机遇，应

用元宇宙相关理念、技术、产品,提升企业全面自身的水平与能力,发挥广大员工的聪明才智,建立并参与元宇宙平台建设,应用元宇宙相关技术,尤其在远程营销、远程管控方面加强创新,以赢得更多订单,获得更大市场份额,提升到卓越质量管理水平,与客户建立起紧密的合作关系,从提升顾客满意度到提升顾客美誉度,为企业的进一步发展开拓新天地。



对于城市、工业园区而言,面向整个国际市场,打造城市品牌,结合地区特色,发展企业集群,实现理念跨越,用虚拟带动现实,用技术赋能产业,促进地区经济高速高效健康发展。构建云平台、链平台,提升基础设施能力;建立基于景点的,独立地标型的,虚拟型的地区优秀产品,企业展示厅,交流厅,创新中心;与世界范围内大学,研究所,著名企业,集团合作,培训规模性人才,经营管理人才,技术人才。加强保障措施,包括并不限于政策,资金,办公场所,生活便利性,税收,土地要素等支持。加强技术规范,协议,管理理论与技术,法律法规推进,安排相应组织人员,赋予时间,资金,进行引导,支持及监管。研究世界范围的元宇宙各种理论,技术,应用,进行对标,思考,构想,综合,分析,评价,创造,最终制定发展战略,包括主要的方法,技术和执行路径。



综合而言，元宇宙在中国的发展，离不开政策的支持，企业主体的奋进，个人的创意创新与努力。元宇宙既有纯粹的数字空间、虚拟空间的发展，更多是虚实结合，将数字经济与实体经济深度融合，从而赋能实体经济的转型升级。这样在政府政策支持下，企业从高层管理者到普通员工的共同努力下，针对典型的、多元化的场景应用进行元宇宙相关技术、产品应用，改进业务执行水平，管理水平，将促进各种传统的行业、企业，尤其是工业企业的高速发展、转型升级，制造过程的数字化、智能化，产品的卓越质量水平，客户与消费者的高满意度，并形成良性循环，从而使实现变道超车与升维飞行。

李正海 2022-2-14 于北京

参考文献

- [1] 金诺云展, 工业元宇宙: 一次留给中国制造业弯道超车的历史性机遇, 2022-1-10
- [2] 工业元宇宙: 空间无垠的未来, 青岛全搜索电子报, 2021-10-28
- [3] 彭新, 工业“元宇宙”悄然来临, 数字孪生产业如何推动工业革新? 界面新闻, 2021-12-27
- [4] 乐骁立、吴正斌, 工业“元宇宙”即将爆发未来制造业有哪些变化? 潇湘晨报, 2021-10-16
- [5] 什么是工业元宇宙? 数字孪生或是其雏形技术, TrendForce 集邦咨询, 2021-11-30 T
- [6] 工业“元宇宙”蓄势待发, 探秘制造业未来趋势, 立嘉国际智能装备展览会, 2021-11-05
- [7] 什么是工业元宇宙? 它距离中国制造业有多远? 智能制造, 2021-11-22
- [8] 工业元宇宙=工业乌托邦? 5G 产业时代数据中心, 2022-01-22
- [9] 元宇宙不是下一代互联网, 6G 沙龙, 2021-11-19
- [10] 李丹, 未来通信| 元宇宙对未来网络技术的挑战, 6G 俱乐部, 2021 年 11 月 26 日
- [11] 陈爱民, 史洁, 数字赋能生态环境监管 让违法行为无所遁形, 杭州日报, 2021-3-12
- [12] 余依萍, 实现安全生产数字化监管, 义乌商报, 2021-3-31
- [13] 蒲蒲, 中央部委首提元宇宙, 多地政府超前布局, 数据观综合, 2022-1-26
- [14] 李正海, 建设中国式工业元宇宙, 企业管理, 2022 年第 1 期