



武汉大学 人工智能与软件工程暑期学校

2020-08



演讲人：李伯虎

中国工程院院士，北京航空航天大学自动化学院博士生导师及荣誉院长。历任北京计算机应用和仿真技术研究所所长，北京仿真中心主任，中国航天科工集团公司二院科技委常务副主任，北京航空航天大学自动化学院院长；国防科工委科技委兼职委员暨仿真专业组组长，国家863计划自动化领域专家委员及现代集成制造系统专家组组长；中国仿真学会理事长，亚洲仿真学会联盟首任理事长，系统仿真学报主编，国际杂志“仿真建模实践与理论”的领域编委等。现任中国航天科工集团公司科技委顾问；仿真及智能制造领域2个国家重点实验室学术委员会主任；中国计算机学会、中国人工智能学会、中国仿真学会及亚洲仿真学会联盟等会士；中国电子学会云计算专家委员会副主任委员；中国工业互联网产业联盟专家委员会副主任；“国际建模、仿真与科学计算杂志”主编等。在系统仿真、制造业信息化等方面的成果获国家科技进步一等奖1个、二等奖3个；部级科技进步奖17个；个人或合作发表论文370篇，书20本、译著4本。个人获863计划一等奖及突出贡献先进个人、中国航天事业50周年重大贡献奖、光华科技基金一等奖、全国优秀科技工作者、2012年国际建模与仿真学会终身成就奖、2017年中国计算机学会终身成就奖、2019年中国仿真学会终身成就奖等。



一种“智能+”时代的新智能制造系统

——云制造系统3.0

李伯虎^{1,2} 柴旭东¹ 侯宝存¹ 林廷宇¹ 张霖² 李潭³ 刘阳¹ 肖莹莹¹

1.中国航天科工集团

2.北京航空航天大学

3.东华理工大学

2020年7月

内容摘要

报告基于对“智能+”时代的解读，提出一种“智能+”时代的新智能制造系统——云制造系统3.0（制造云3.0），给出云制造3.0的内涵及按照该内涵构成的云制造系统3.0（制造云3.0）的系统体系结构、技术体系总体框架。

报告介绍了本团队研发的云制造系统3.0的雏型——“航天云网2.0”中的关键技术及其应用范例。

报告从“技术、应用、产业”协调发展的角度，给出“智能+”时代云制造系统发展的建议。

最后，给出报告小结。

汇报提纲

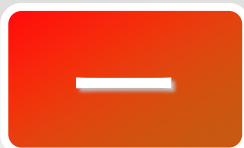
一 “智能+”时代的新智能制造系统——“云制造系统3.0”概述

二 “云制造系统3.0” 雏型——“航天云网2.0”

三 航天云网典型应用

四 “智能+”时代云制造系统发展

五 小结



“智能+”时代的新智能制造系统——“云制造系统3.0”概述

1.1 “智能+”时代正在到来

新的技术革命与产业变革已在全球展开。

1.1.1 “人工智能”发展正进入新阶段：

- 1956年“人工智能”被正式提出，当时的基本概念是“让机器能像人那样认知、思考和学习，即用计算机模拟人的智能”。
- 目前，多数人认为：人工智能技术是研究开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门综合性的技术。
- 人工智能60余年发展的三个阶段（3起2落）
 - (1)20世纪50-70年代，“人工智能”力图模拟人类智慧，但是由于过分简单的算法、匮乏的难以应对不确定环境的理论，以及计算能力的限制，逐渐冷却。
 - (2)20世纪70-90年代，“人工智能”技术得到发展，如形成符号学派、连接学派和行为学派等。“人工智能”应用得到一定的发展，特别是基于规则的专家系统得以发展，但是由于成本太高，数据较少，难以捕捉专家的隐性知识，加之计算能力有限，使得“人工智能”仍不被重视。



1.1 “智能+”时代正在到来（续）

□ 人工智能60余年发展的三个阶段（续）：

(3) 21世纪以来，3大动力——正在发生重大变革的信息新环境、快速发展的新技术和持续提高的人类社会发展的新目标正催生人工智能技术与应用的发展进入一个新的进化阶段。

1)重大变革的信息新环境：特别是

- 移动终端、互联网、物联网、移动互联网、传感网络、车联网、可穿戴设备、感知设备……发展迅速。网络已经开始史无前例连接着世界上的人、机、物，环境、信息，快速反映社会的需求、知识和能力。

2)快速发展的的信息新技术：特别是

- 大数据的涌现及其处理技术的发展，使数据成为人类社会不可忽视的战略资源。
- 高性能计算能力大幅提升，提供了人工智能实施的保障。
- 以深度学习为代表的人工智能模型与算法的突破及数据和知识在社会、物理空间和信息空间之间的交叉融合与相互作用，形成了新的计算范式。

3)人类社会发展的新目标：

- 基于“创新、绿色、开放、共享、个性”的新时代需求。
- 智能城市、智能制造、智能医疗、智能交通、智能物流、智能机器人、无人驾驶、智能手机、智能玩具、智能社会、智能经济、智能国防。。。。。等国民经济、国计民生、国家安全等领域正在迅速发展，它们的模式、技术手段与业态的变革都迫切需要新一代人工智能技术与应用的新发展。



1.1 “智能+”时代正在到来（续）

1.1.2 “中国新一代人工智能发展规划”解读

◆2017年7月颁布“中国新一代人工智能发展规划”，提出新一代人工智能内涵、技术特征、研究内容、巨大影响及中国新一代人工智能发展规划战略目标和重点任务等。我们对其部分内容解读如下：

1. 新一代人工智能定义

新一代人工智能定义为“基于新的信息环境、新技术和新的发展目标的人工智能”。

- 新的信息环境：包括新互联网，移动设备，网络社区，传感器网络等；
- 新技术：大数据、高性能计算技术、新的模型与算法等；
- 新的发展目标：由从宏观到微观的智能化新领域，包括智能城市、数字经济、智能制造、智能医疗等。

2. 新一代人工智能技术特征（趋势）（包括：理论、技术、平台）

- 数据驱动下深度强化学习智能；
- 基于网络的群体智能；
- 人机和脑机交互的技术导向混合智能；
- 跨媒体推理智能；
- 自主智能无人系统。

1.1 “智能+”时代正在到来（续）

1.1.2 “中国新一代人工智能发展规划”解读（续）

3.新一代人工智能研究内容：

- 模拟、延伸和扩展人的能力：学习能力（如：机器学习）；语言能力（如：自然语言处理）；感知能力（如：图像识别）；推理能力（如：自动推理）；记忆能力（如：知识表示）；规划能力（如：自动规划）；执行能力（如：机器人）等。
- 新一代人工智能技术与应用领域（国民经济、国计民生、国家安全等）专业技术融合的研究。

4.新一代人工智能技术的巨大影响

概括地讲，当前，新一代人工智能相关学科发展、理论建模、技术创新、软硬件升级等整体推进，正在引发链式突破，推动经济社会各领域从数字化、网络化向智能化加速跃升。

➤➤ 1.1 “智能+”时代正在到来（续）

1.1.2 “中国新一代人工智能发展规划”解读（续）

5.中国新一代人工智能发展规划战略目标

第一步，到2020年，人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步，人工智能产业成为新的重要经济增长点，人工智能技术应用成为改善民生的新途径，有力支撑进入创新型国家行列和实现全面建成小康社会的奋斗目标。

第二步，到2025年，人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平，人工智能成为带动我国产业升级和经济转型的主要动力，智能社会建设取得积极进展。

第三步，到2030年，人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心，智能经济、智能社会取得明显成效，为跻身创新型国家前列和经济强国奠定重要基础。

6.中国新一代人工智能规划的重点任务（6项）

- 构建开放协同的人工智能科技创新体系。
- 培育高端高效的智能经济。
- 建设安全便捷的智能社会。
- 加强人工智能领域军民融合。
- 构建泛在安全高效的智能化基础设施体系。
- 前瞻布局新一代人工智能重大科技项目。

1.1 “智能+”时代正在到来（续）

1.1.3 解读“智能+”时代正在到来

■ 新时代新发展理念：“创新、协调、绿色、开放、共享”。

■ 时代的核心技术与影响——

在7类新技术（新互联网技术、新信息通信技术、新人工智能技术、新能源技术、新材料技术、新生物技术、新应用领域专业技术）深度融合的综合性技术推动下，特别是在新一代人工智能技术引领下，

◆ 新互联网技术（物联网、车联网、移动互联网、卫星网、天地一体化网、未来互联网等技术）

◆ 新信息通信技术（云计算、大数据、5G、高性能计算、建模/仿真、数字孪生、区块链、量子计算等）

◆ 新一代人工智能技术（数据驱动下深度强化学习智能、基于网络的群体智能、人机和脑机交互的技术导向混合智能、跨媒体推理智能、自主智能无人系统等技术）

飞速发展及其与应用领域新专业技术的融合，正引发人类社会“国民经济、国计民生和国家安全”等各领域新模式、新手段和新业态的重大变革——“构成一种新型人工智能系统”➡“智能+”时代正在到来。

■ 时代的特征：“万物互联、智能引领、数据驱动、共享服务、跨界融合、万众创新”。

■ 新一代人工智能技术仍在持续发展：向通用人工智能发展，向强人工智能发展，向超人工智能发展。

1.1 “智能+” 时代正在到来（续）

1.1.4 新型人工智能系统

1.定义

新型人工智能系统是以新型互联网络及其组合为基础，在新一代人工智能技术引领下，借助新兴的信息通信科学技术、新一代智能科学技术及应用领域新专业技术等三类技术深度融合的数字化、网络化、云化、智能化技术为手段，将人、信息（赛博）空间与物理空间中的人/机/物/环境/信息智能地连接在一起的、提供智能资源与智能能力随时随地按需服务的一类新型智能服务互联系统。

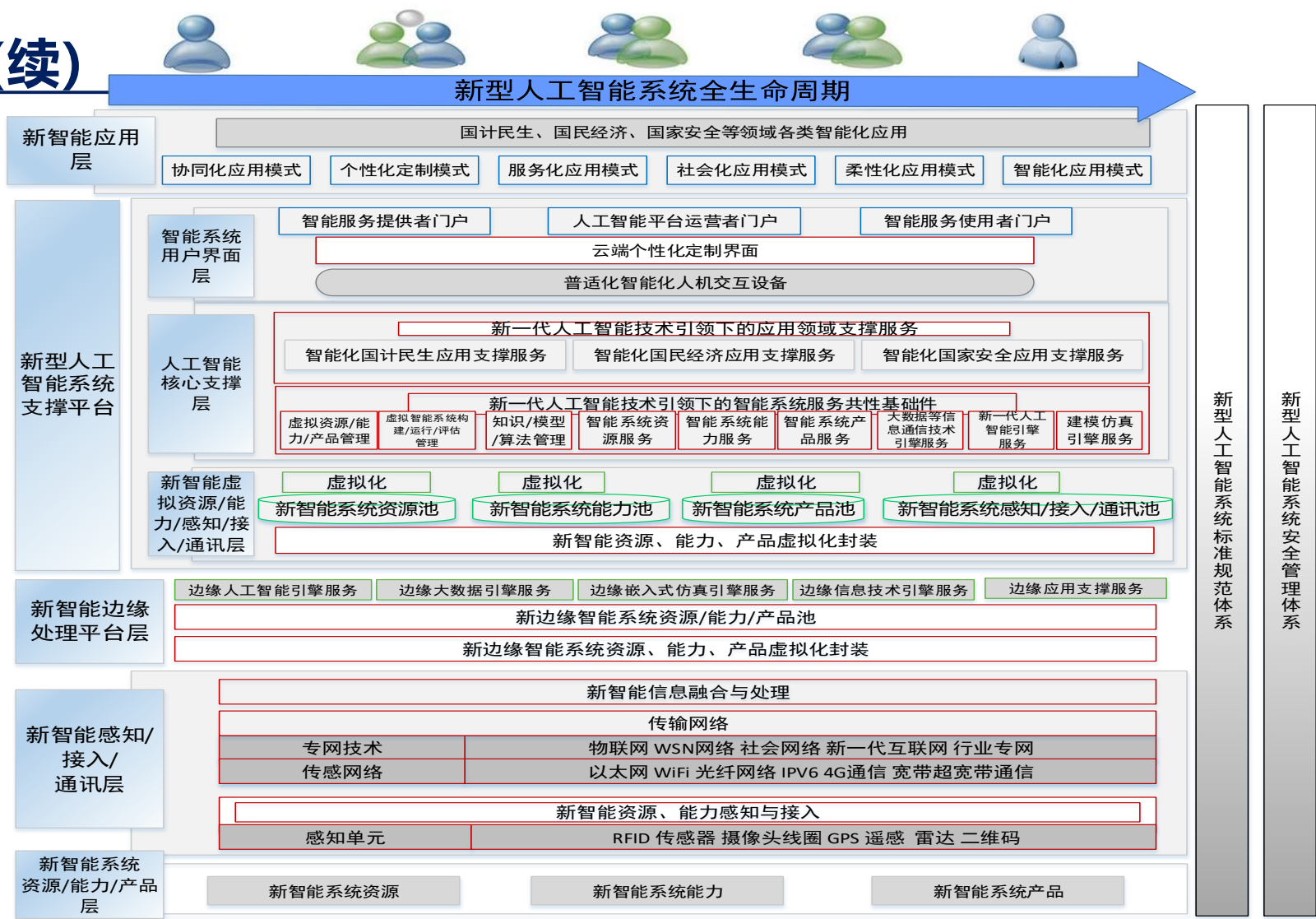
- 系统特征：全系统及全生命周期活动中人、机、物、环境、信息自主智能地感知、互联、协同、学习、分析、认知、决策、控制与执行；
- 实施内容：促使全系统及全生命周期活动中的人、技术/设备、管理、数据、材料、资金（六要素）及人才流、技术流、管理流、数据流、物流、资金流（六流）集成优化，形成数字化、网络化、云化、智能化的产品、设备/系统和全生命周期活动。
- 系统目标：实现“创新、绿色、开放、共享、个性”。

>>> 1.1 “智能+” 时代正在到来（续）

1.1.4 新型人工智能系统（续）

2.新型人工智能系统体系架构

在新一代人工智能技术引领下，以新互联网及其组合为基础，人/机/物/环境/信息深度融合的、提供新智能资源与新智能能力随时随地按需服务的一类新型智能服务互联系统。



新型人工智能系统体系架构

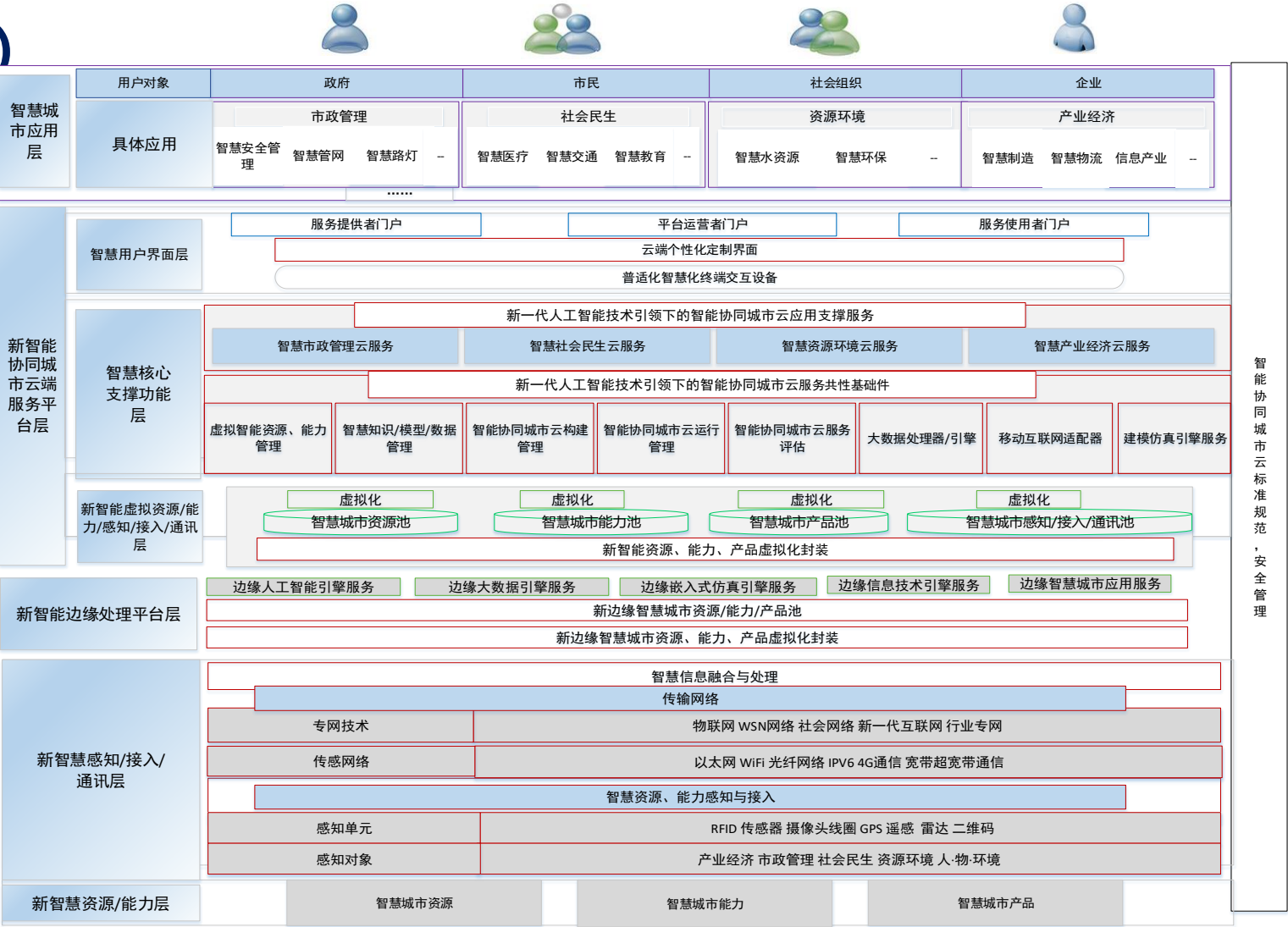
>>> 1.1 “智能+” 时代正在到来（续）

1.1.4 新型人工智能系统（续）

例1：新型智慧城市系统

新型智慧城市系统架构

新型智慧城市系统实质是一种是
一种在新一代人工智能技术引领
下的，基于泛在网络及其组合的
、人/机/物/环境/信息深度融合
的、提供智慧城市资源与能力，
随时随地按需服务的智慧城市服
务互联系统。



新型智慧城市系统架构

>>> 1.1 “智能+” 时代正在到来（续）

1.1.4 新型人工智能系统（续）

例2：新型智能制造系统

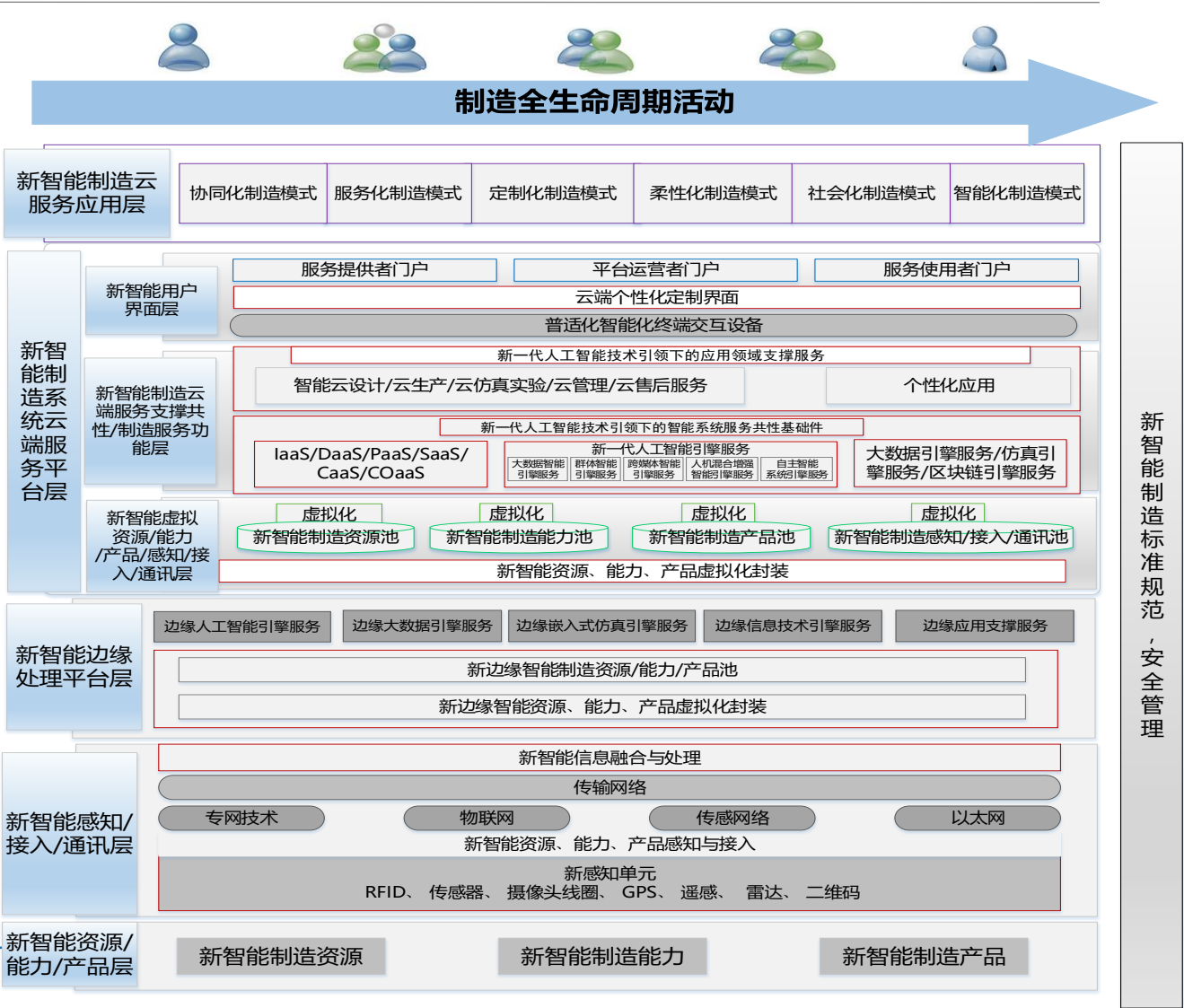
□ 新型智能制造系统。其体系架构：

- 新智能资源/能力/产品层
- 新智能感知/接入/通讯层
- 新智能边缘处理平台层（新增）
- 新智能制造系统云端服务平台层（新智能虚拟资源/能力/产品/感知/接入/通讯层、新智能制造云端服务支撑共性/制造服务功能层、新智能用户界面层）
- 新智能制造云服务应用层
- 新人/组织
- 各层新标准及新安全管理

□ 新型智能制造系统是一种在新一代人工智能技术引领下的“人、信息（赛博）空间与物理空间”融合的“新智能制造资源/能力/产品”智能互联协同服务的智能制造系统（云）——“一种智能工业互联网”。

□ 本体系统架构适用于：

- 系统纵向范围：产品、设备、单元（线）、工厂（企业）、区域、城市、行业、跨行业。
- 系统横向范围：制造全生命周期活动。
- 端对端间。



新型智能制造系统体系架构

1.2 云制造3.0的内涵

宏观地讲，“云制造3.0”是“智能+”时代的一种数字化、网络化、云化、智能化的先进制造。

【新技术手段】基于新互联网，在新一代人工智能技术引领下，借助新智能科学技术、新制造科学技术、新信息通信科学技术、及新制造领域专业技术等4类新技术深度融合的数字化、网络化、云化、智能化技术新手段，构成以用户为中心的统统一经营的新智能制造资源、产品与能力的服务云（网），使用户通过新智能终端及新智能制造服务平台便能随时随地按需获取新智能制造资源、产品与能力服务，进而优质、高效完成制造全生命周期的各类活动；

【新模式】一种“用户为中心，人/机/物/环境/信息优化融合，”互联化（协同化）、服务化、个性化（定制化）、柔性化、社会化、智能化的智能制造新模式”；

【新业态】“万物互联、智能引领、数据驱动、共享服务、跨界融合、万众创新”的新业态；

【新特征】对新制造全系统、全生命周期活动（产业链）中的人、机、物、环境、信息进行自主智能地感知、互联、协同、学习、分析、认知、决策、控制与执行；

【新实施内容】促使制造全系统及全生命周期活动中的人、技术/设备、管理、数据、材料、资金（六要素）及人流、技术流、管理流、数据流、物流、资金流（六流）新集成优化；

【新目标】实现高效、优质、节省、绿色、柔性地制造产品和服务用户，提高企业（或集团）的市场竞争能力。

◆ “智能引领”的含义：

- 1.新一代智能科学技术是云制造系统的全系统、全生命周期活动的最重要、颠覆性的技术。
- 2.不是光靠新智能科学技术。同时必须基于新互联网，在新一代智能科学技术引领下，借助新一代智能科学技术、新制造科学技术、新信息通信科学技术、及新制造领域专业技术等4类技术深度融合的数字化、网络化、云化、智能化技术为新手段，

1.3 云制造系统3.0的体系架构

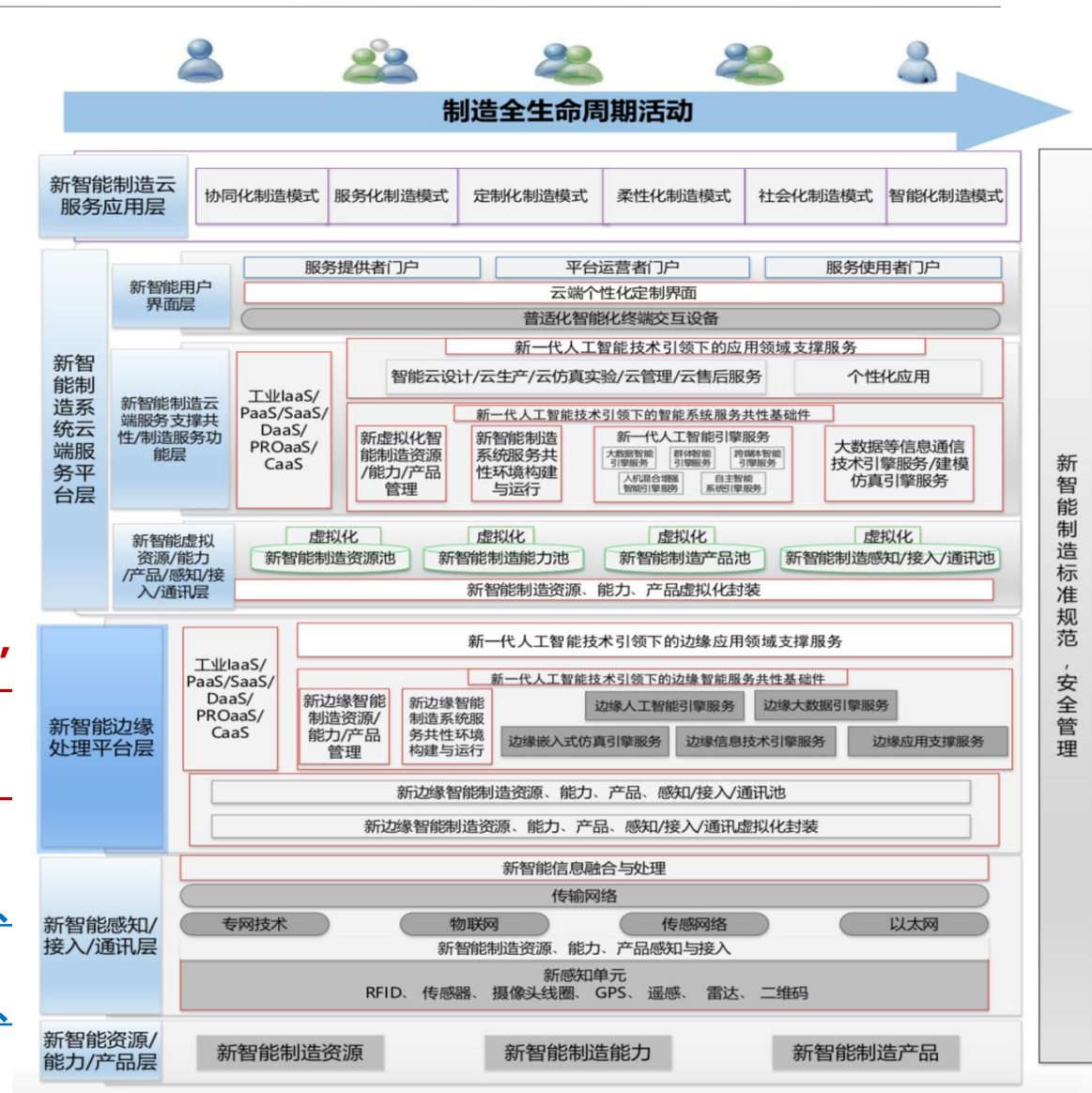
□ 云制造系统3.0（制造云3.0）是基于云制造3.0的内涵所构成的新智能制造系统。其体系架构：

- ① 新智能资源/能力/产品层
 - ② 新智能感知/接入/通讯层
 - ③ 新智能边缘处理平台层
 - ④ 新智能制造系统云端服务平台层（新智能虚拟资源/能力/产品/感知/接入/通讯层、新智能制造服务支撑功能层、新智能制造系统用户界面层）
 - ⑤ 新智能制造云服务应用层
 - ⑥ 新人/组织层
- 各层有新标准及新安全管理

□ 云制造系统3.0是一种在新一代人工智能技术引领下的“人、信息（赛博）空间与物理空间”融合的“新智能制造资源/能力/产品”智能互联协同服务的智能制造系统。

□ 本体系架构适用于：

- 系统纵向范围：产品、设备、单元（线）、工厂（企业）、区域、城市、行业、跨行业。
- 系统横向范围：制造全生命周期活动（论证、设计、生产、管理、试验、运营、保障服务等）。
- 端对端场景。



1.3 云制造系统3.0的体系架构（续）

(1) **新智能资源/能力/产品层**，该层包括接入系统的各种**新智能制造资源**（新软制造资源，如制造过程中的各种新模型、数据、软件、信息、知识等；新硬制造资源/系统，如新智能机床/机器人/加工中心/计算设备/仿真试验设备、云端智能制造单元，新材料及能源等）、**新智能制造能力**（制造过程中有关的论证、设计、生产、仿真、实验、管理、销售、产品运营、产品维修、集成等新专业能力，包括人力/知识、组织、资金、业绩、信誉、资源、流程和产品等）和**新智能制造产品**（数字化、网络化、云化、智能化的新型智能制造产品等）。

(2) **新智能感知/接入/通讯层**，该层通过借助各种RFID、传感器、摄像头线圈、GPS、遥感、雷达、二维码等**新感知单元**，以及新的感知技术、物联技术，将新智能制造资源、能力、产品接入的**新网络**（包括专网、物联网、传感网络、以太网、SDN网络等），实现**信息智能感知、接入、互联、融合**等功能。

(3) **新智能边缘处理平台层**，该层主要通过对**边缘侧**新的制造资源、能力、产品、感知/接入/通讯等进行**虚拟化**封装，形成**新边缘智能制造资源、能力、产品、感知/接入/通讯池**，并借助边缘智能服务共性基础件（包括新边缘智能制造资源/能力/产品管理、以及边缘人工智能引擎服务/边缘大数据引擎服务/边缘嵌入式仿真引擎服务/边缘信息技术引擎服务等），实现**新边缘应用领域支撑服务能力**。

(4) **新智能制造系统云端服务平台层**，主要包括**新智能虚拟“资源、能力、产品、感知/接入/通讯层”池**、**新智能制造服务支撑功能层**和**新智能制造系统用户界面层**等三层。其中，新智能虚拟资源/能力/产品/感知/接入/通讯层实现新智能制造资源池、能力池、产品池、感知/接入/通讯虚拟化封装，形成**虚拟化云池**；新智能制造**服务支撑功能层**，提供新一代人工智能技术引领下的智能系统服务**共性基础件**，主要包括新一代人工智能引擎服务和大数据等信息通信技术引擎服务/建模仿真引擎服务等，并提供**智能云设计/云生产/云仿真实验/云管理/云售后服务和个性化应用的制造应用支撑服务能力**；新智能制造系统**用户界面层**，为服务提供者门户、平台运营者门户、服务使用者门户三类用户提供普适化智能化终端交互设备和云端个性化定制界面。

(5) **新智能制造云服务应用层**，包括**协同化制造模式、服务化制造模式、定制化制造模式、柔性化制造模式、社会化制造模式、智能化制造模式**等六大制造模式。

(6) **新人/组织层**，主要是参与制造全系统及全生命周期活动的人、组织。

(7) 各层有其新标准及安全管理。

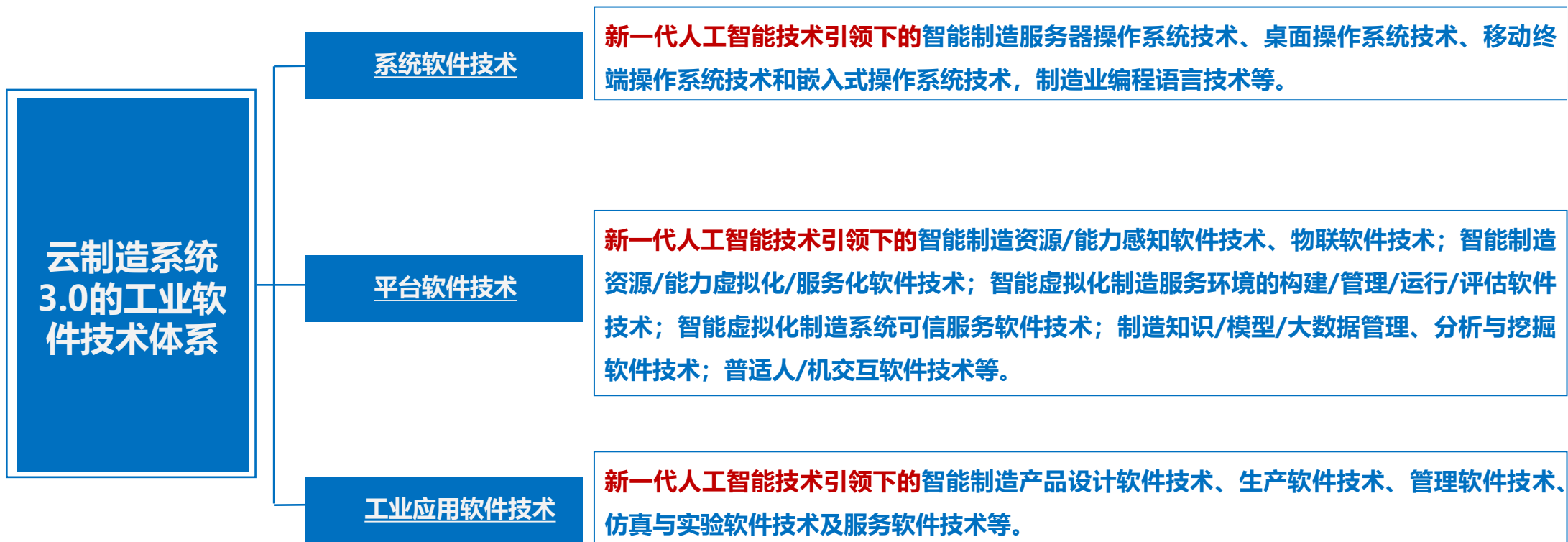
1.4 云制造系统3.0的技术体系

(1) 云制造系统3.0技术体系的总体框架（在新一代人工智能技术引领下）



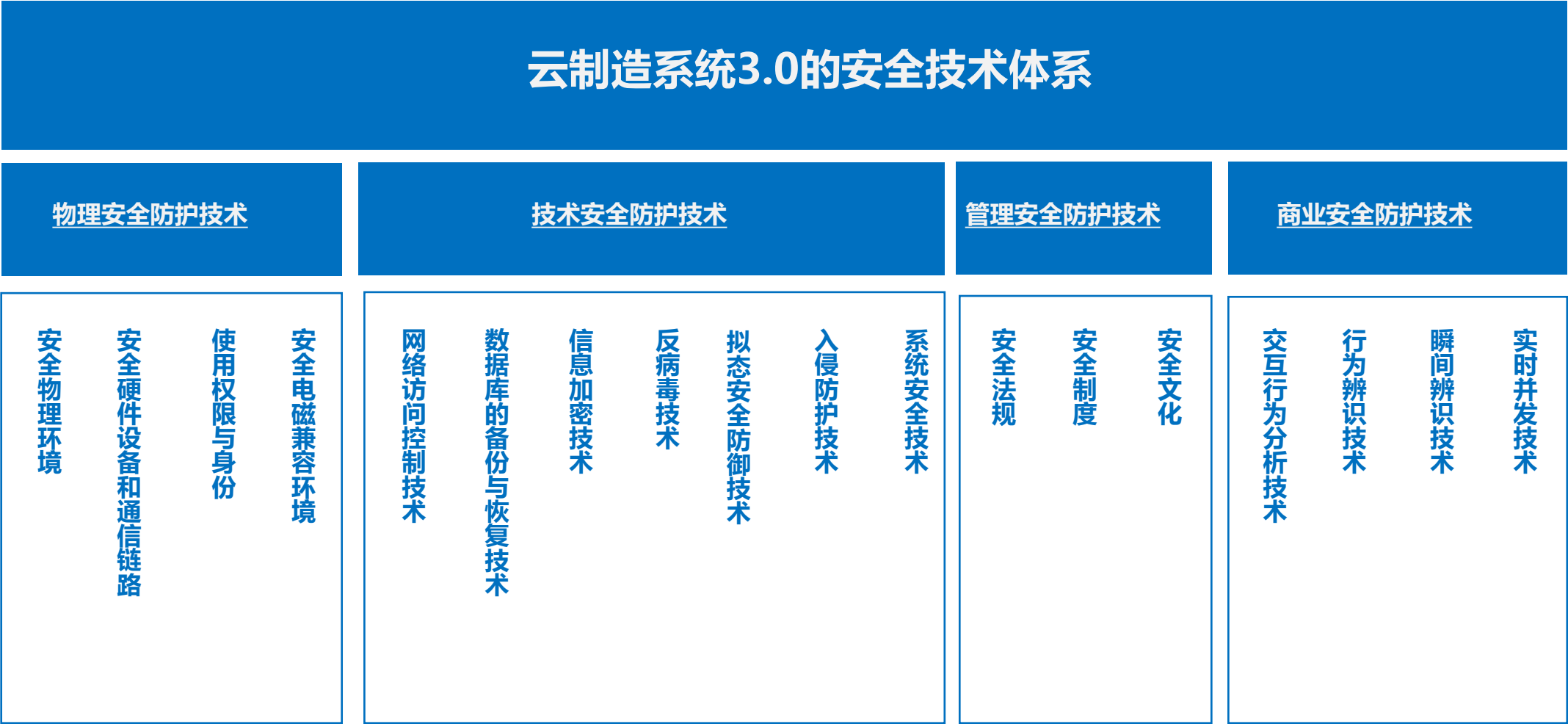
>>> 1.4 云制造系统3.0的技术体系（续）

(2) 云制造系统3.0的工业软件技术体系（在新一代人工智能技术引领下）



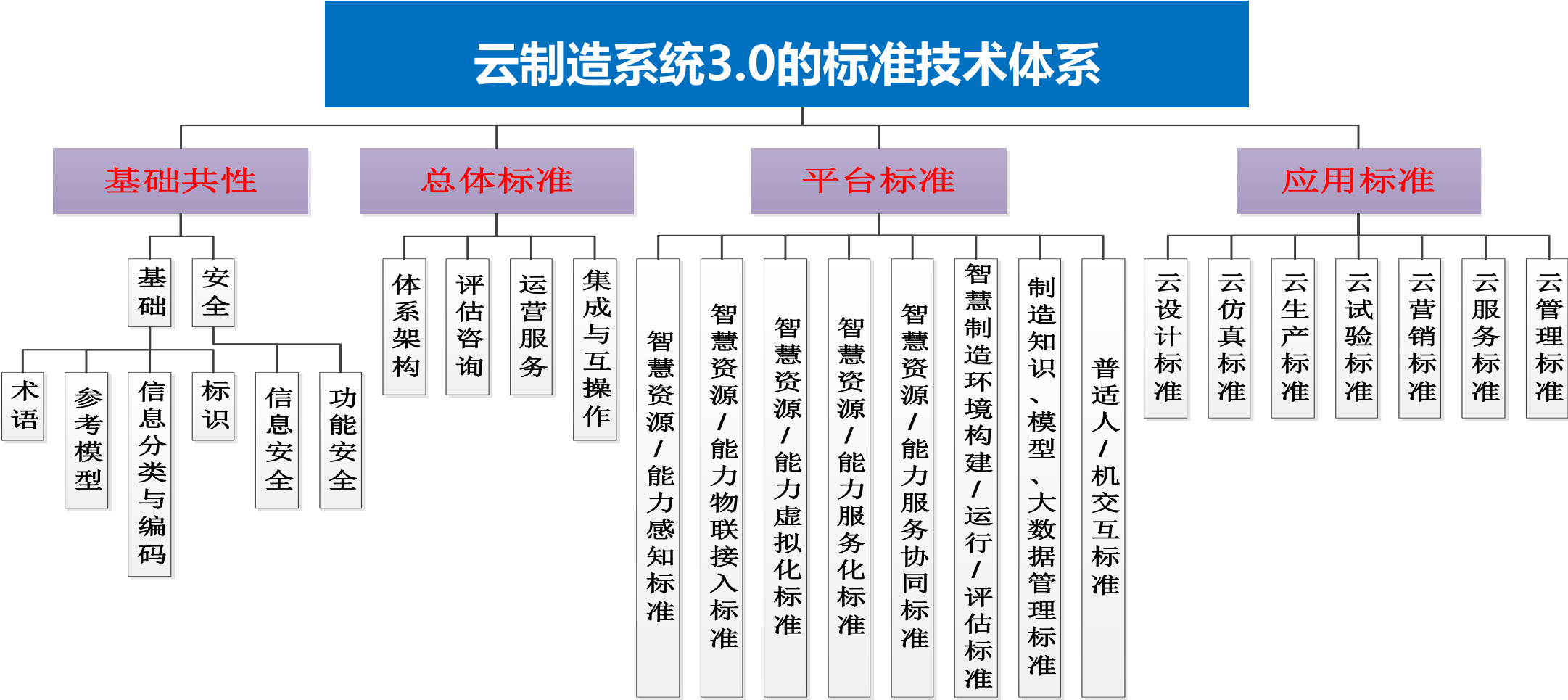
>>> 1.4 云制造系统3.0的技术体系（续）

(3) 云制造系统3.0的安全技术体系（在新一代人工智能技术引领下）



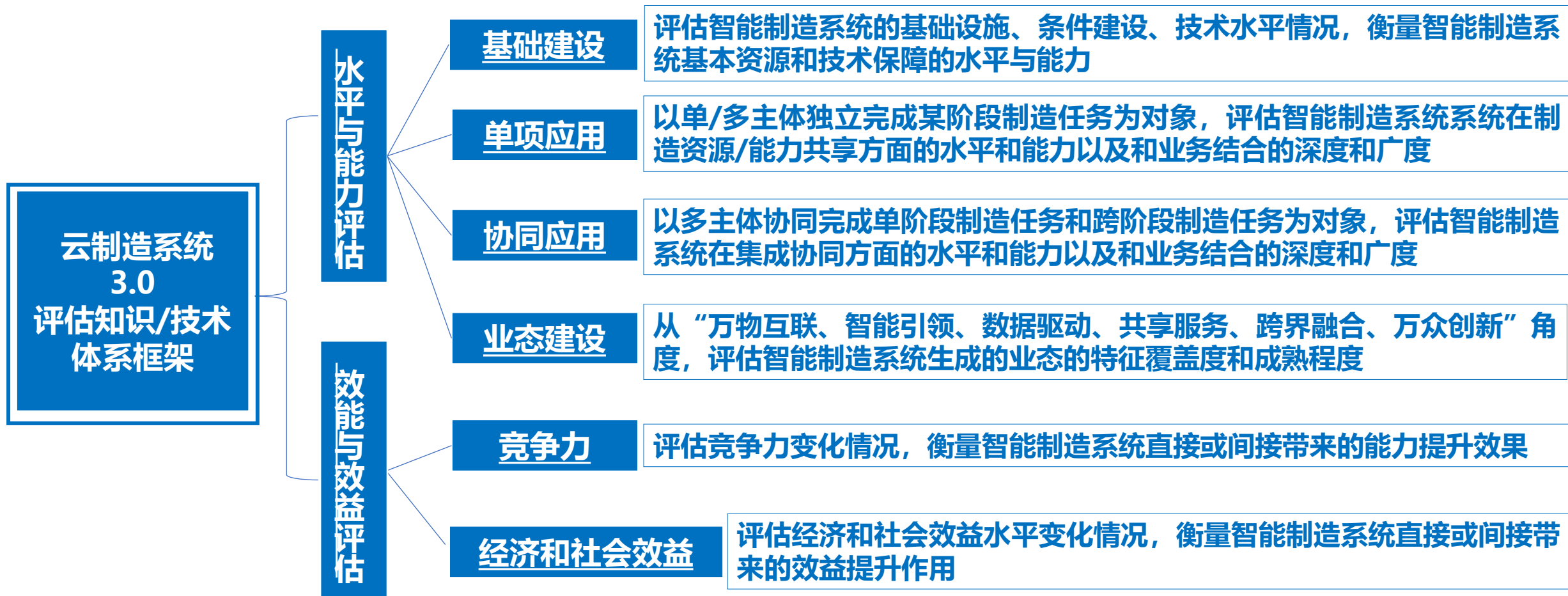
>>> 1.4 云制造系统3.0的技术体系（续）

(4) 云制造系统3.0的标准技术体系（在新一代人工智能技术引领下）



>>> 1.4 云制造系统3.0的技术体系（续）

(5) 云制造系统3.0的评估技术体系框架（在新一代人工智能技术引领下）



>>> 1.4 云制造系统3.0的技术体系（续）

(6) 云制造系统3.0的支撑技术体系（在新一代人工智能技术引领下）



>>> 1.5 “云制造系统3.0” 是 “智能+” 时代的一种新智能制造系统

1.5.1 新模式、新手段、新业态

新制造手段

“基于新互联网，在新一代人工智能技术引领下，借助新智能科学技术、新制造科学技术、新信息通信科学技术、及新制造应用领域专业技术等4类新技术深度融合的数字化、网络化、云化、智能化技术新手段，构成以用户为中心的统一经营的智能制造资源、产品与能力的服务云（网），使用户通过智能终端及智能制造服务平台便能随时随地按需获取智能制造资源、产品与能力服务，优质、高效完成制造全生命周期的各类活动”



新智能3D打印设备服务



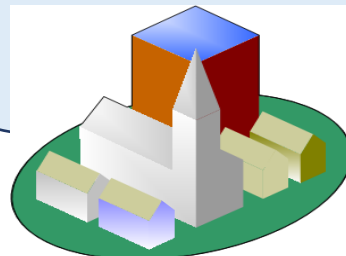
新智能机器人服务



新智能产品服务



用户



新智能云制造能力服务



新智能设计、创意服务



新知识、数据服务



新智能金融服务

“用户为中心，人/机/物/环境/信息融合，“ 互联化（协同化）、服务化、个性化（定制化）、柔性化、社会化、智能化的智能制造模式 ”

新制造模式

云制造系统3.0

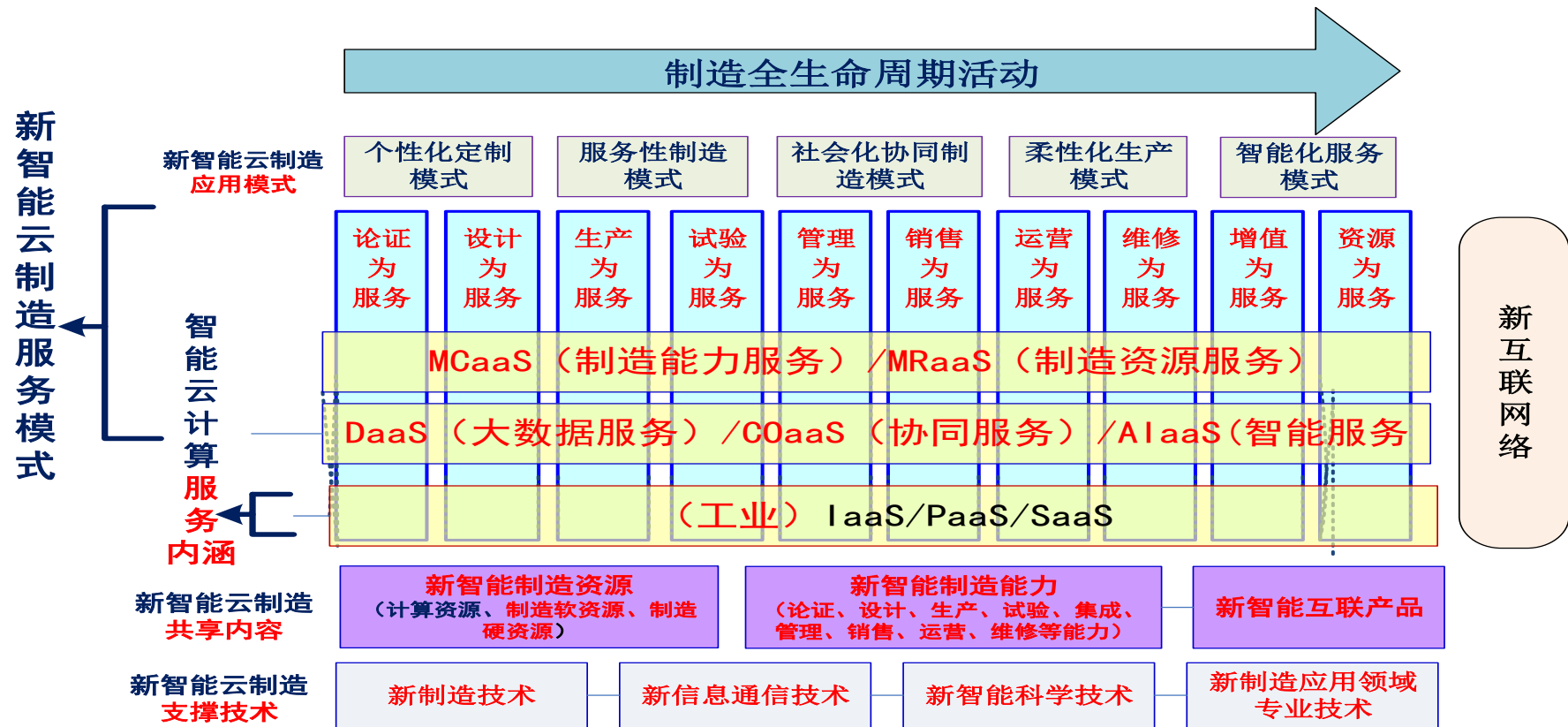
新制造业态

用户与制造企业间，“万物互联、智能引领、数据驱动、共享服务、跨界融合、万众创新”

>>> 1.5 “云制造系统3.0” 是 “智能+” 时代的一种新智能制造系统（续）

1.5.2 “云制造系统3.0” 是 “智能+” 时代云计算在制造领域的落地、延伸和拓展

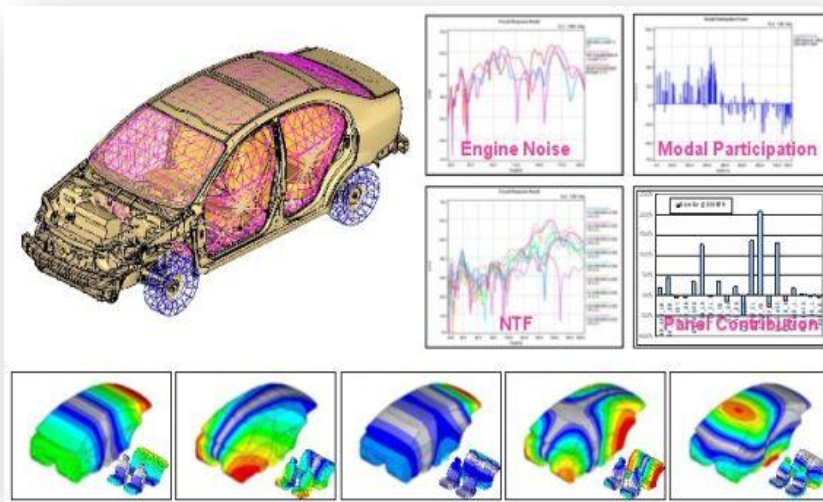
在新一代人工智能技术引领下，在云计算提供的IaaS（基础设施即服务）、PaaS（平台即服务）、SaaS（软件即服务）基础上，使云计算在工业制造领域的落地、延伸和拓展。它延伸、拓展了云计算的（1）共享内容，（2）服务内涵，（3）应用模式，（4）支撑技术。（如图所示）



>>> 1.5 “云制造系统3.0” 是 “智能+” 时代的一种新智能制造系统（续）

1.5.3 符合智能制造系统解读

智能制造系统是将持续发展中的先进信息技术与先进制造技术深度融合，贯穿于产品设计、生产、服务等制造全生命周期的各个环节及其相应系统的优化集成，具有对制造全系统及全生命周期活动中人、机、物、环境、信息自主感知、分析、认知、学习、决策、控制与执行等智能特征的，人、信息（赛博）空间与物理空间集成、融合的制造系统。其目标是持续提升企业的产品质量、效益、服务水平，减少资源消耗与污染，推动制造业创新、绿色、协调、开放、共享发展。



1.6 “云制造系统3.0”的“中国特色”

围绕提高制造企业市场竞争力的目标，以两化融合为主线，基于中国制造业信息化工作

01

突出问题(制造大国向制造强国迈进) 导向牵引云制造系统建设，加快推进中国制造的5个转型升级（由要素驱动向创新驱动转型升级；由传统制造向数字化、网络化、智能化制造转型升级；由粗放型制造向质量效益型制造转型升级；由资源消耗型、环境污染型制造向绿色制造转型升级；由生产型制造向生产+服务型制造转型升级）。

02

突出建立智能制造新模式、新技术、新生态为核心的系统：实现“众智、众包、众扶、众筹”的“万众创新，大众创业”。

03

突出工业2.0/3.0/4.0同步发展，即处于数字化、网络化、智能化不同阶段的制造企业皆能在“云”中实现“信息互通、资源共享、能力协同、开放合作、互利共赢、万众创新”

04

突出发挥“政、产、学、研、金、用”的团队力量。

➤➤➤ 1.7 “云制造系统3.0” 对社会发展的贡献

1.提高制造企业对市场的竞争能力

持续提升企业的产品质量、效益、服务水平，减少资源消耗，推动制造业创新、绿色、协调、开放、共享发展。

2.促使制造业成为国民经济的主体，立国之本，兴国之器，强国之基

- ◆ **智能制造是国民经济转型升级的新引擎：**能够促使经济基础性行业制造业发生重大变革，向质量效益转型升级，从资源消耗型、环境污染型向绿色制造转型升级，从生产型制造向生产加服务型制造转型升级。
- ◆ **智能制造是国计民生的基础：**能够促使制造业在重大技术装备创新、消费品质量和安全、公共服务设施设备供给和国防装备保障等方面迅速提升水平和能力。
- ◆ **智能制造是国家安全的重要保障：**促使我国打造具有国际竞争力的制造业，提升综合国力、保障国家安全。



1.8 “云制造系统”的制造新模式、手段和业态在持续发展

□ 随着时代新需求和有关技术的发展，云制造的模式、手段、业态持续发展。

- 2009年本团队提出并开始“云制造”（云制造1.0）的研究与探索

自80年代本团队一直从事制造业信息化研究与实践。综观国内外制造领域有关技术与应用的现状与发展，并基于团队在“云仿真”工作的成果，于2009年在国际上率先提出了“云制造”的理念，并开始了以云化、服务化为主要特征的云制造1.0的研究与实践。

- 2012年本团队提出并开始“智慧云制造”（云制造2.0）的研究与探索

经过近几年的实践，随着新需求和有关技术的发展，特别是信息技术、制造技术以及大数据智能技术的发展，本团队于2012年提出并开始了以互联化、服务化、协同化、个性化、柔性化、社会化为主要特征的“智慧云制造”（云制造2.0）的研究与探索。

- 2017年，提出并开始“云制造3.0”的研究与探索

随着“中国新一代人工智能发展规划”的颁布，本团队认识到“智能+”新时代正在到来，进而提出并开始以互联化、服务化、协同化、个性化（定制化）、柔性化、自主智能化为主要特征“云制造3.0”的研究与探索。



“云制造系统3.0” 雏型——“航天云网2.0”

2.1 云制造系统3.0雏型——“航天云网2.0”中的关键技术

- “云制造3.0” 是基于本团队提出的云制造1.0/2.0，在“模式、技术、业态、特征、内容、目标”等方面的新拓展。
- “雏型” 指融合了部分的新一代人工智能技术与部分的新制造科学技术、新信息通信科学技术及新制造应用领域专业技术，主要包括：

2.1.1 新一代人工智能技术引领下的新云制造系统体系架构/平台

2.1.2 基于边缘制造的海量设备接入、安全、集成处理技术

2.1.3 云端计算与云边缘计算融合技术

2.1.4 基于大数据人工智能服务技术

2.1.5 基于容器技术的平台服务技术

2.1.6 建模、仿真引擎服务技术——数字孪生服务技术

2.1.7 工业APP技术

2.1.8 基于云平台支持“智能工厂、协同制造、双创（创新、创业）、智能服务”等技术

2.1.9 标准化技术

2.1.10安全技术

>>> 2.1.1 新一代人工智能技术引领下的新云制造系统体系架构/平台

内生需求

建立大协作配套、多学科、跨专业（协同制造）多轮迭代，多品种、小批量（智能制造）、变批量（云制造）研制模式的切实需求

产品创新性强、技术难度大，2000余项学科（跨学科）技术交叉融合，全国（跨地域）上千家数十个行业（跨行业）配套单位，多学科多轮迭代

研制周期长

性能评估困难

系统级验证试验成本高、子样少，需要系统级（全系统）虚拟验证手段

高精度、高可靠、小型化、轻量化、严酷环境等要求，急需建立全生命周期的虚拟样机

质量、可靠性要求高

生产模式复杂

产品集成度高，生产资源分散，涉及17大工艺技术，192项技术门类（全产业链）

- ✓ 制造业新的基础设施
- ✓ 制造业主导权的核心
- ✓ 自主可控是关键

智能制造云平台

国家需求

01

由要素驱动向创新驱动转型升级

02

由传统制造向数字化、网络化、智能化制造转型升级

03

由粗放型制造向质量效益型制造转型升级

04

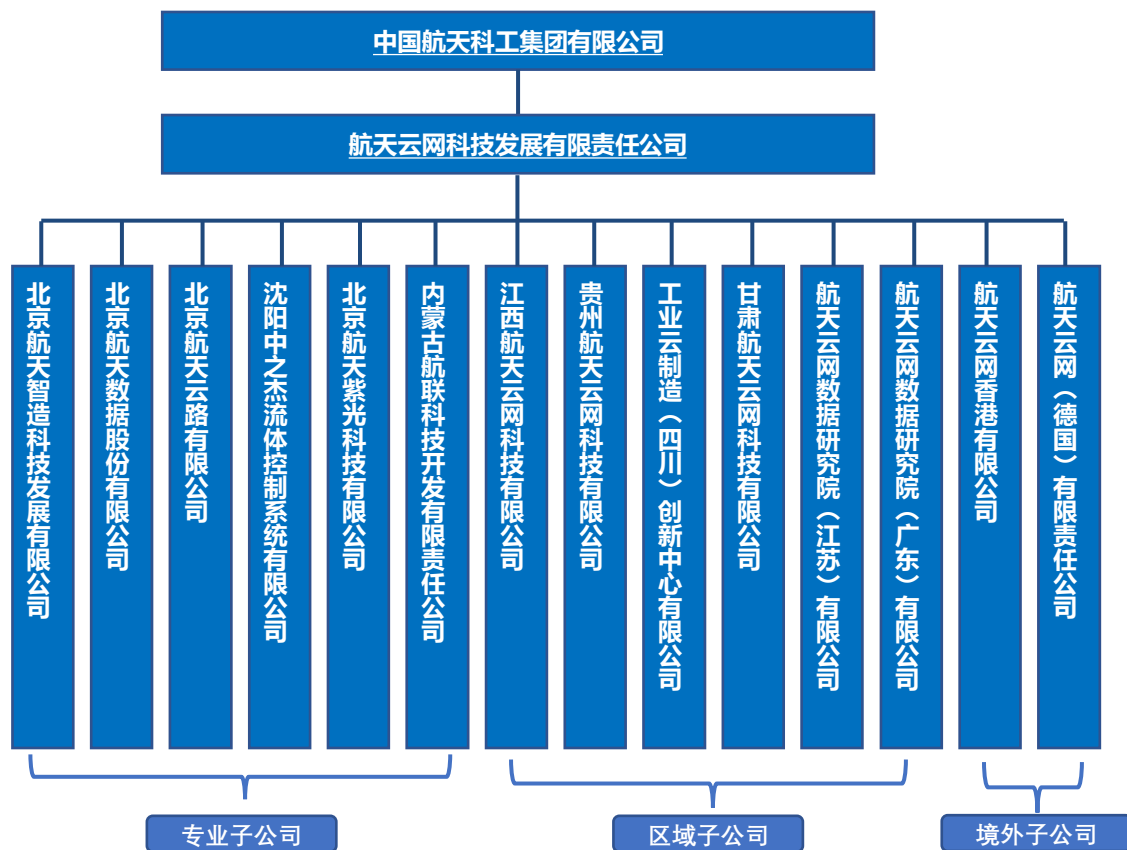
由资源消耗型、环境污染型制造向绿色制造转型升级

05

由生产型制造向生产+服务型制造转型升级

>>> 2.1.1 新一代人工智能技术引领下的新云制造系统体系架构/平台 (续)

技术途径——研发建立云端/云边缘融合的平台型智能制造系统，即通过对制造技术体系、管理体系、产品体系、服务体系、标准体系、安全体系的重塑及其产业链、价值链的升级，构建更加完美的制造生态系统。



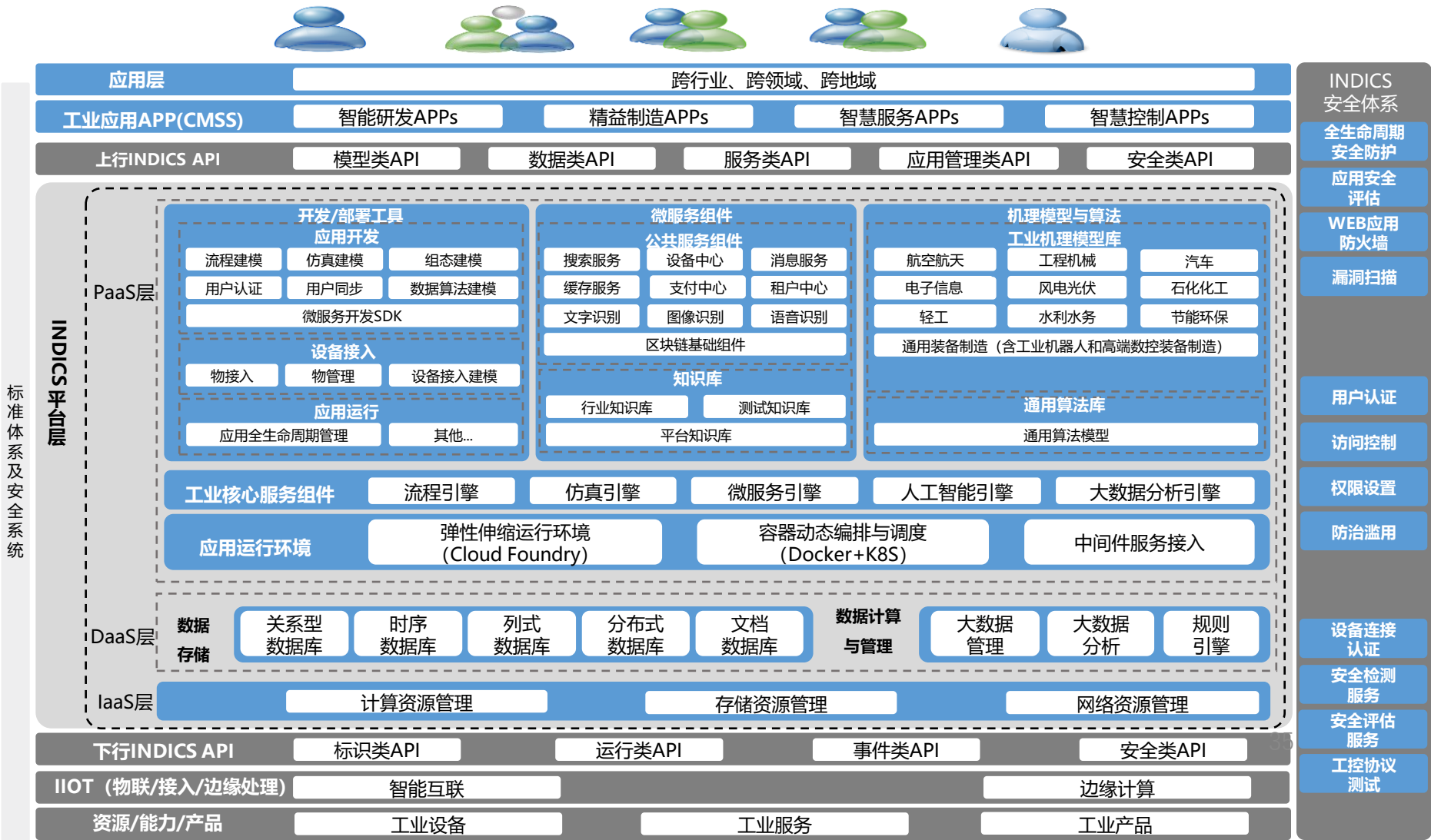
INDICS 平台



航天云网公司现有员工1800余人，专业技术人员75% <35岁
院士+千人，教授、博士、硕士多层次梯队

>>> 2.1.1 新一代人工智能技术引领下的新云制造系统体系架构/平台 (续)

用户层	
新用户应用层	
新云端工业 SaaS层 (CMSS)	提供工业应用APP (工业SaaS)服务, 包括智能商务、智能研发、智能管控和以远程监控、智能诊断、售后服务、资产管理为核心的智能服务等制造全产业链的工业应用服务功能。
新云端平台 平台共性服务层	提供云资源基础设施管理、DaaS平台、通用PaaS平台和工业PaaS平台服务。
新边缘处理层	提供自主知识产权的Smart IOT系列智能网关接入产品和INDICS-API软件接入接口, 支持“云计算+边缘计算”的混合数据计算模式。
新工业物联网/接入层	提供工业设备的通信互联能力, 支持OPC-UA、MQTT、Modbus、Profinet等主流工业现场通信协议的通信互联, 支持工业现场总线、有线网络、无线网络的通信互联。
新资源/产品/能力层	各类工业服务、工业设备和工业产品



□ 各层有新标准及新安全管理。

航天云网的体系架构图

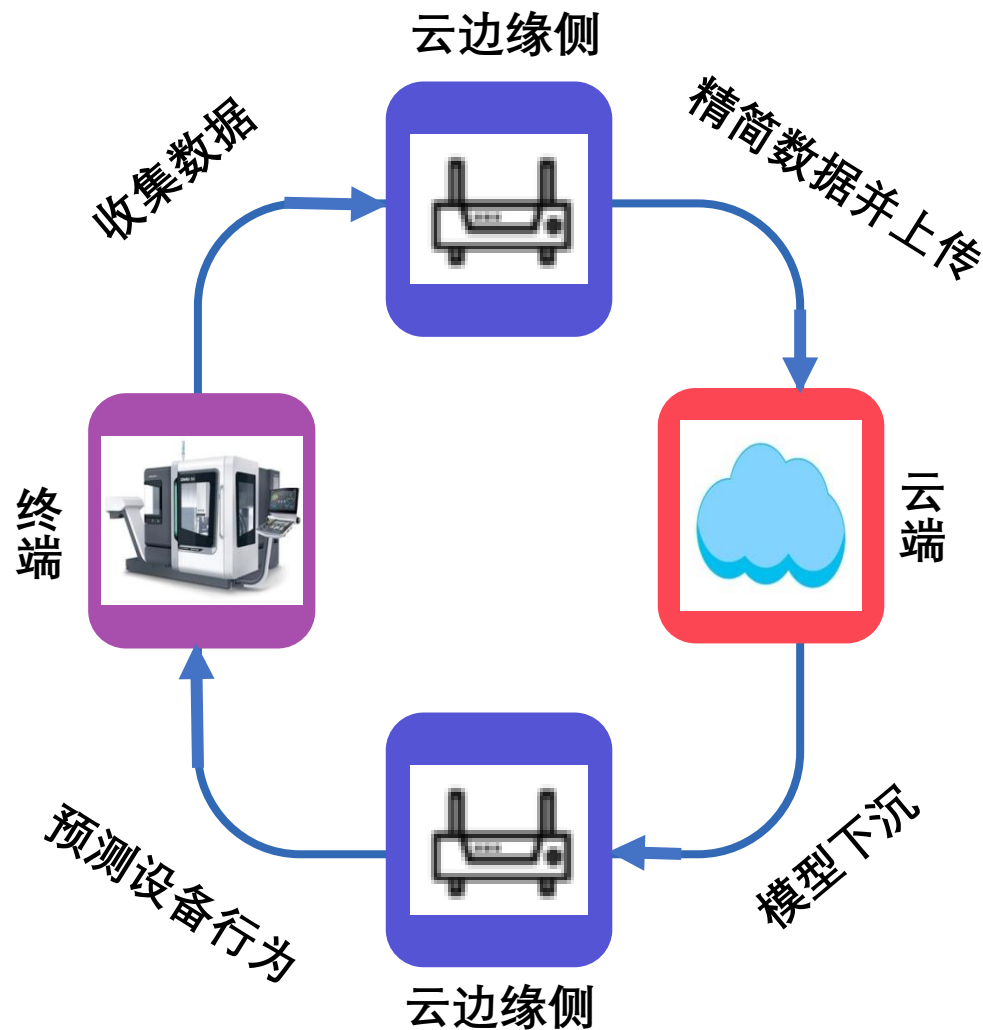
2.1.2 基于边缘制造的海量设备接入、安全、集成处理技术



2.1.3 云端计算与云边缘计算融合技术

1. 云端计算与云边缘计算的融合技术：

是融合基于云端的云计算和基于云边缘侧的边缘计算的混合计算模式，可在云边缘侧完成及时数据清洗、数据整合、数据处理等，或将预处理后的数据上传至云端，进而在云端通过传统机器学习的聚类分析、相关性分析及深度学习等新人工智能技术和方法，建立相关算法模型，并对模型进行训练、测试，再将优化的模型下发至云边缘侧进行边缘计算、分析、预测等服务。



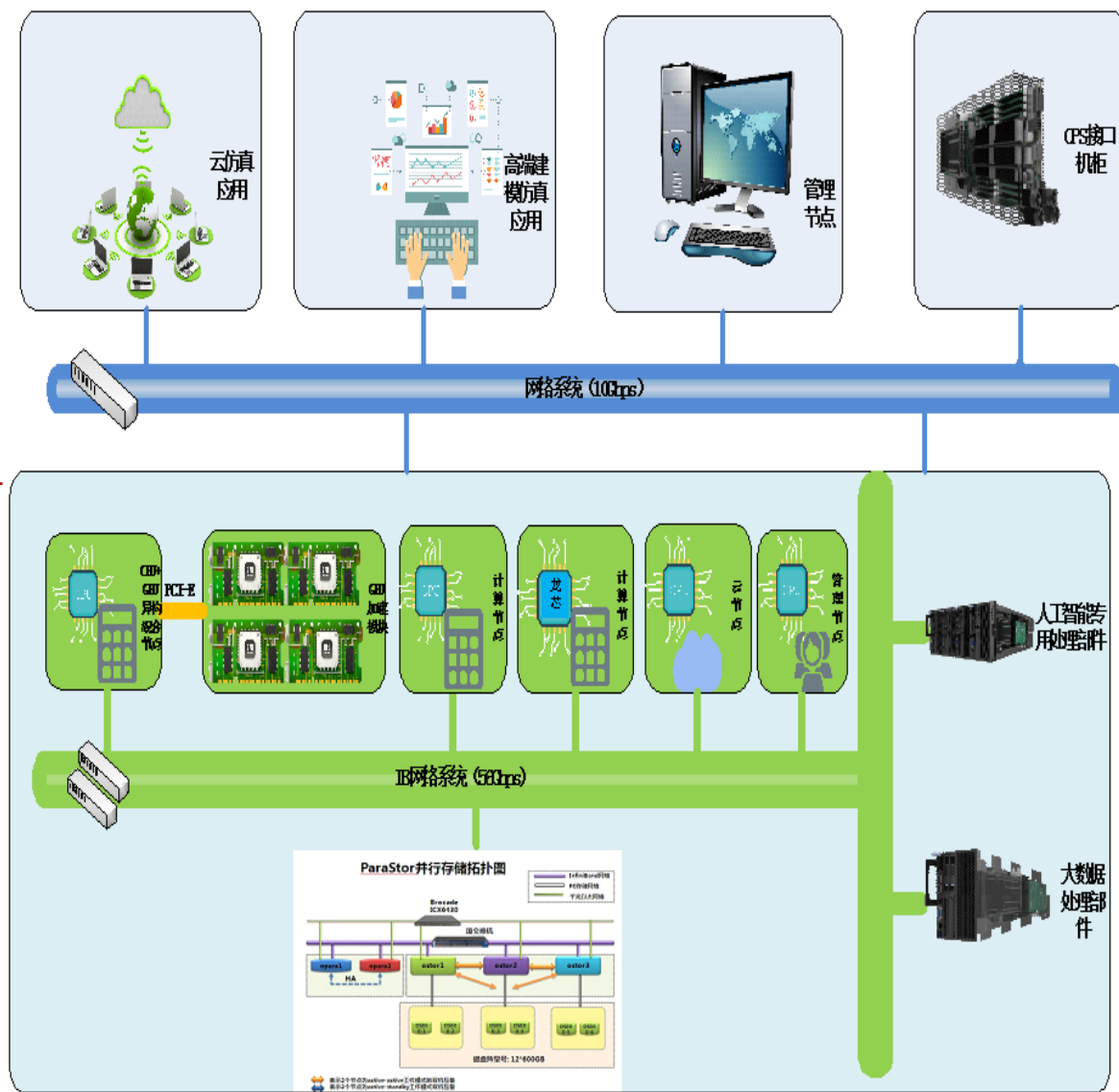
云端计算与云边缘计算融合示意

>>> 2.1.3 云端计算与云边缘计算融合技术(续)

2. 边缘计算系统（机）（与曙光公司等合作）

融合新一代人工智能技术、新兴信息科学技术（如云计算、物联网、大数据、服务计算、边缘计算等）、现代建模与仿真技术、超级计算机系统技术四类技术，软硬结合的科学计算/仿真系统。

- 提供高效能自主可控的计算机硬件，包括异构加速节点，计算节点和云仿真节点，节点间通过IB网络连接到并行存储系统，并行存储子系统主要用于仿真过程当中数据保存，为所有节点共享访问。
- 提供大数据处理专件和人工智能专用处理部件，并通过IB高速网络与平台内的节点实现互联。
- 提供CPS接口机柜，通过万兆以太网将其连接到外围，支持高性能/云两类用户和管理人员连接到高效能仿真系统。

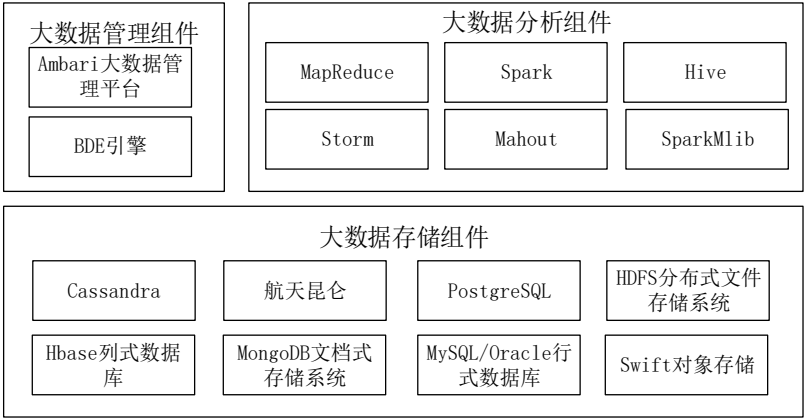


>>> 2.1.3 云端计算与云边缘计算融合技术(续)

- **人工智能处理专件：**主要面向深度学习类算法，采用智能处理的分布式并行加速处理技术,开发紧密耦合高性能计算系统协同优化的人工智能处理机。包括大规模人工智能处理算法工具集，定义并实现一套编程接口；分布式并行机器学习执行模式，开发出能够适应并结合这些不同粒度并行体现结构模型；分布式并行系统优化，利用高性能计算机系统提供的RDMA 通信优化机制。最终集成为面向人工智能处理应用优化的一体机系统。



- **大数据处理专件**主要是集成了各种实时计算算法模型、离线计算算法模型等的专用芯片，在高性能计算机上插入芯片，即可通过接口直接调用芯片算法库中所有算法。实时计算算法模型主要包含：统计学算法、机器学习算法、模式学习算法。离线计算算法模型主要包含：人工智能算法、统计学算法、机器学习算法、模式学习算法。



2.1.3 云端计算与云边缘计算融合技术(续)

□ 系统技术指标

● 高性能总体技术

- 高效能仿真计算机系统架构可扩展，单机柜峰值速度不小于20万亿次，采用自主可控的众核芯片或多核芯片，具备扩展至100万亿次的能力；
- 智能化体系对抗典型仿真系统规模支持能力 ≥ 10000 个实体，可同时运行的样本数 ≥ 500 ，加速比 ≥ 20 。

● 自主可控基础硬软件支撑环境

- 具有与实装、仿真设备、智慧云制造系统的多类互联接口，可支持基于仿真的信息物理系统（CPS）；
- 基于大数据处理技术的仿真加速部件；
- 基于人工智能算法技术的仿真加速部件；
- 基于自主可控的X86多核处理器的仿真样机。

● 丰富的多类仿真应用

- 可支持面向高端仿真用户和海量用户群以及三类仿真应用（虚拟/构造/实装）；
- 可支持智能系统仿真/基于大数据仿真应用。

2.1.3 云端计算与云边缘计算融合技术(续)

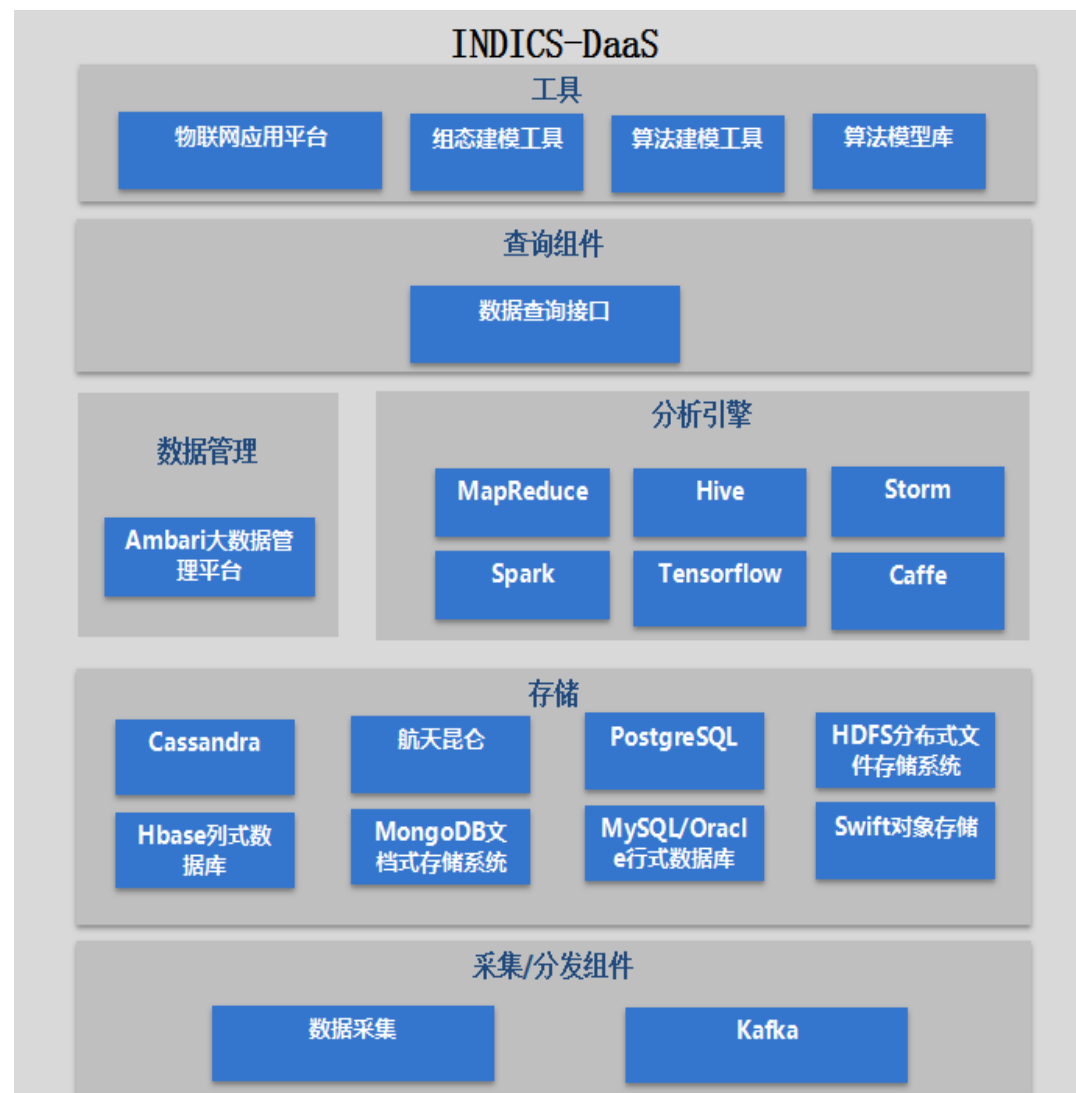
□ 系统技术指标 (续)

● 高效能仿真支撑环境

- 支持智能化高性能复杂系统仿真语言，具备完善的图形用户界面进行可视化建模、编译和执行，内置高性能仿真的算法库（不少于5类20种数值算法）、数据库和模型库，运用基于大数据、复杂网络理论等方法支持连续、离散、定性混合和涌现等特点的复杂系统建模仿真，能够对并行性进行自动挖掘；
- 基于众核/CPU+GPU等异构混合体系结构，提供面向重点应用领域的高效能四级并行（作业级、任务级、模型级、算法级）算法、软件；提供针对不同资源的任务调度手段，可实现仿真任务的动态迁移；
- 完成一套包含100种以上串行智能优化算法和多种并行智能优化算法的可配置算法库的开发，可有效支撑高效能、四级并行仿真解算与决策；
- 支持基于智慧云仿真/边缘仿真模式实现仿真资源和能力按需共享的智能化，实现高性能仿真资源的虚拟化及其协同的智能化，形成基于容器的平台服务技术，以及支撑广义复杂系统仿真模型（连续、离散、定性混合）协同的高性能仿真平台；
- 支持基于“边缘+中心”模式的仿真资源和能力智能化地按需共享，基于容器技术实现典型仿真支撑工具和不少于2种仿真求解器的虚拟化封装，按需支持节点间IB网络、以太网络的通信方式，实现广义复杂系统仿真模型（连续、离散、定性混合）协同的高性能仿真支撑软件；
- 基于大数据、人工智能等技术的复杂大系统智能化仿真试验设计、仿真校核验证与确认；支持复杂高效仿真柔性评估、网络化多人协同评估，支持图形化评估指标体系与算法的构建与配置，支持武器装备体系性能/效能一体化仿真评估、分析与优化。

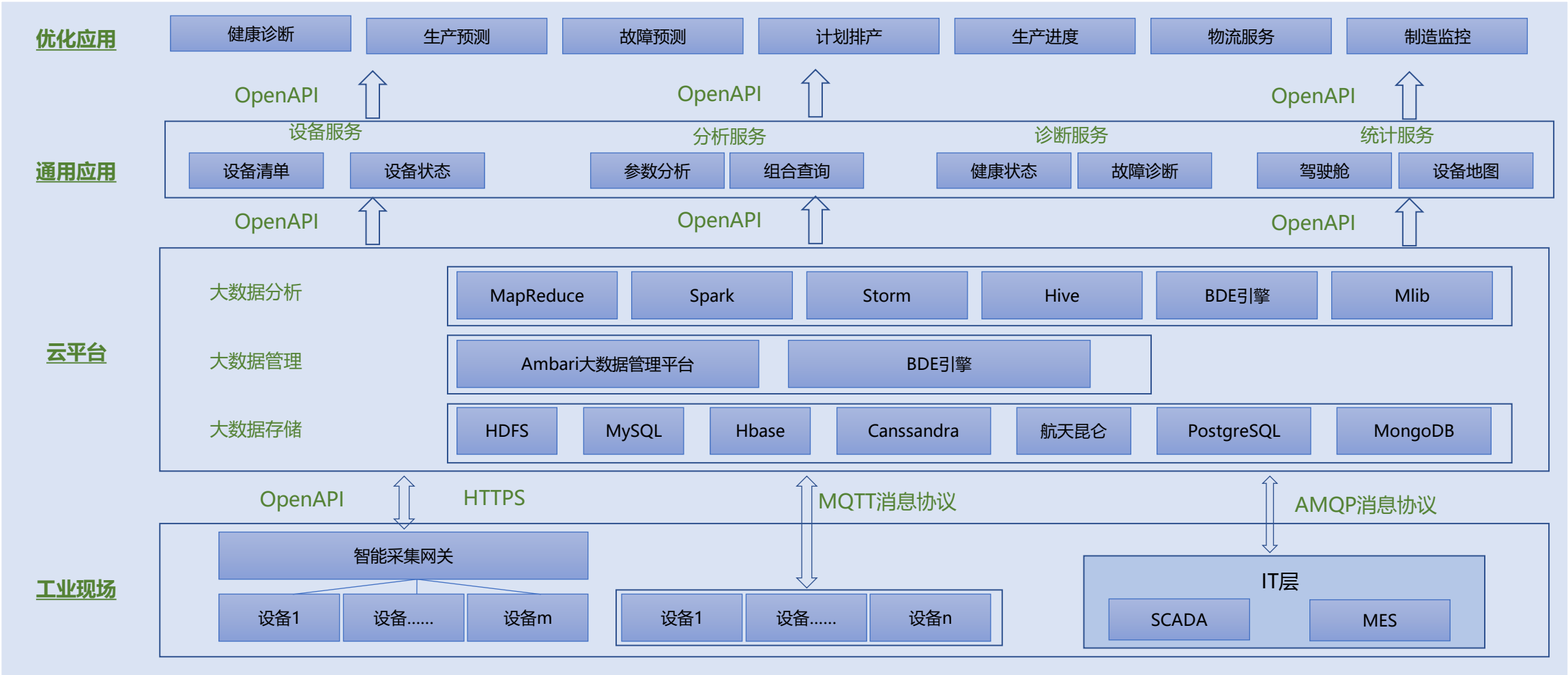
2.1.4 基于大数据人工智能服务技术

- 基于大数据的人工智能服务技术：
是一种以数据为核心的新型云计算服务模式，在多源异构数据的关联与整合基础上，利用基于大数据人工智能服务技术挖掘发现数据内在价值，并按需为用户提供数据处理的各类服务，包括数据查询服务、数据智能分析服务、数据资源管理服务等。



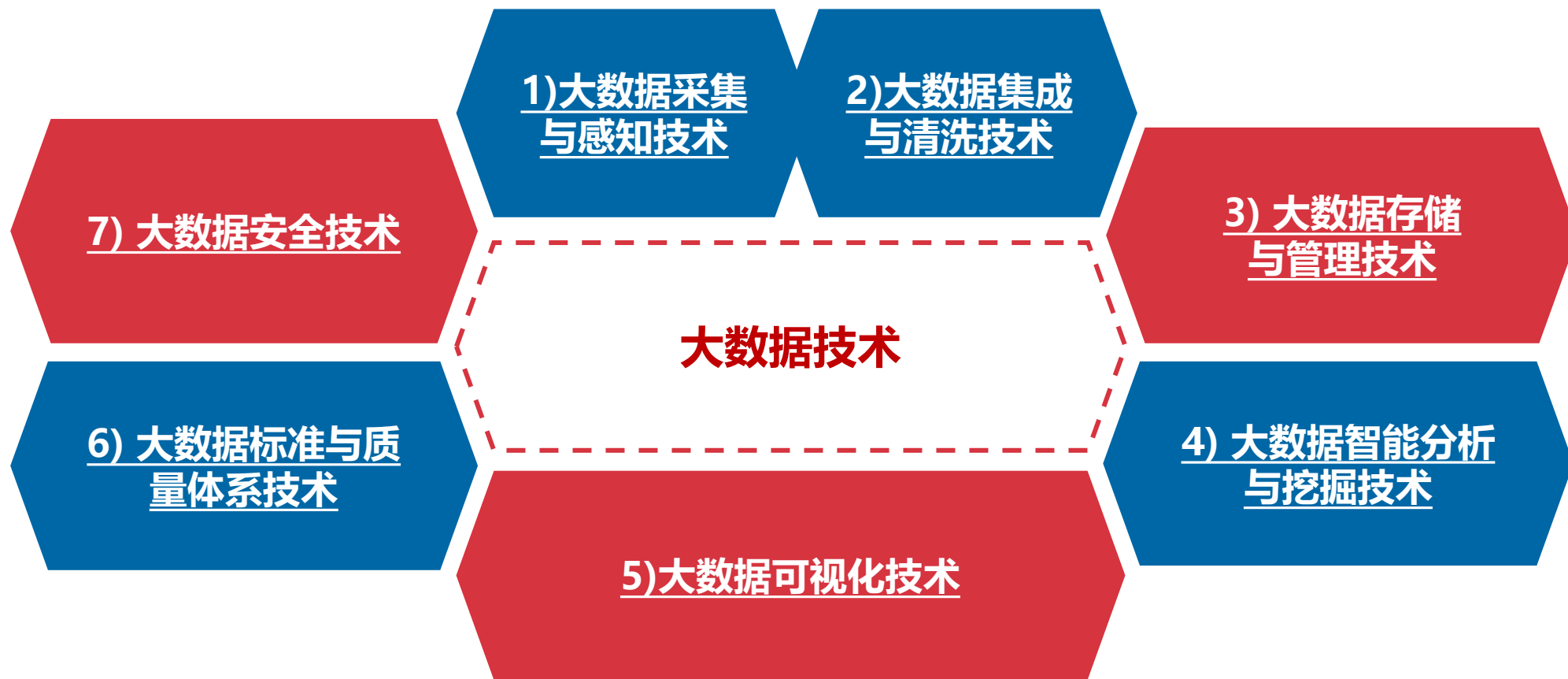
>>> 2.1.4 基于大数据人工智能服务技术（续）

1. 航天云网的工业大数据智能服务子系统



2.1.4 基于大数据人工智能服务技术（续）

2. 基于大数据人工智能服务技术的关键技术

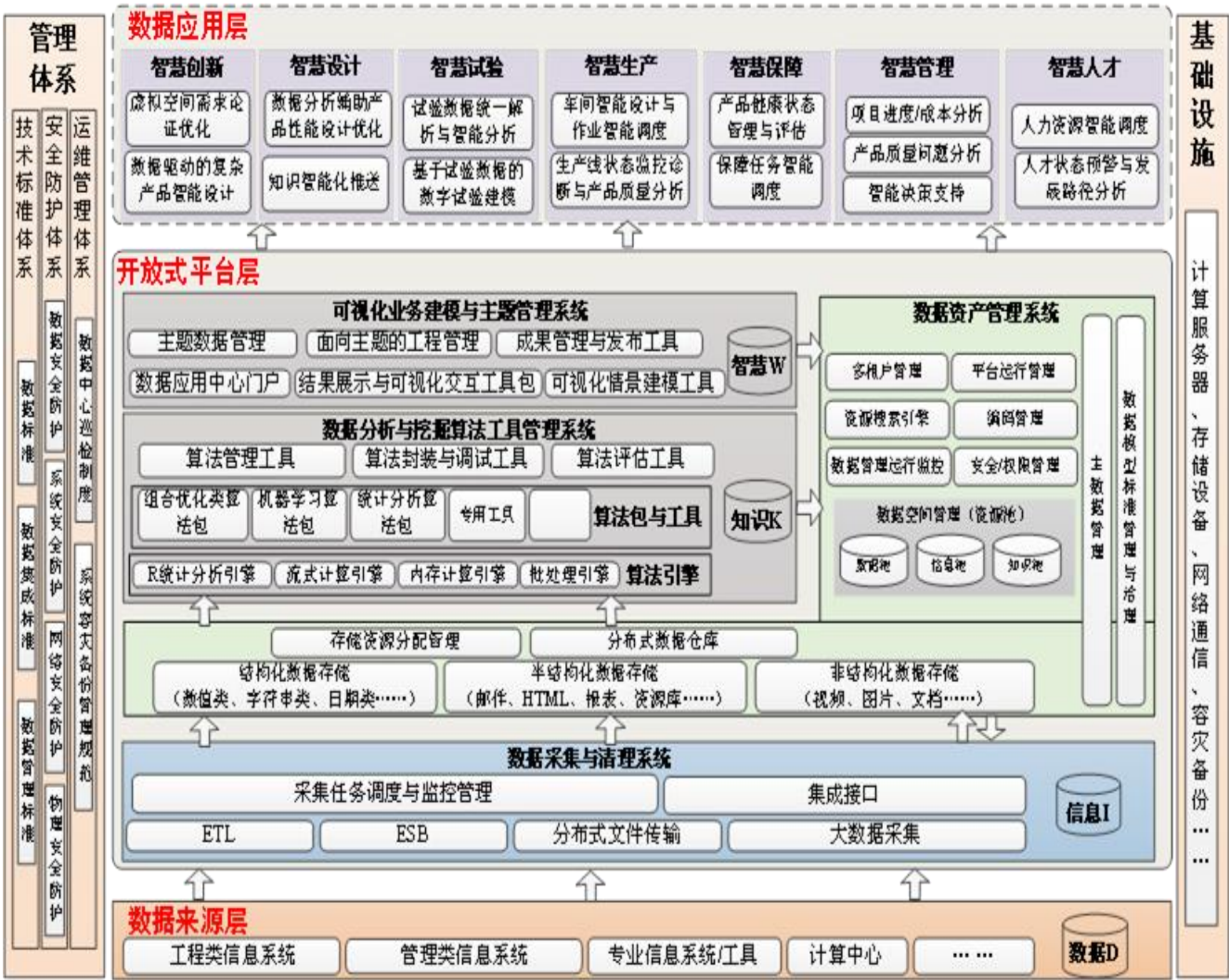


>>> 2.1.4 基于大数据人工智能服务技术（续）

3. 基于大数据智能分析与挖掘技术系统

基于大数据的智能分析与挖掘系统，支撑多源异构信息系统面向主题的数据组织与应用问题，其功能概括为“基于一个数据治理体系和两类业务需求”，建成“一个开放式中心平台和多类主题应用系统”。

- (1) 一个数据治理体系：面向多个维度梳理企业数据组织模式、数据标准、数据管理维护职责以及流程、数据集成与共享机制等，形成企业的分布概览和标准化体系。
- (2) 两类业务需求：包括为各类业务系统的数据分析提供规范的数据源、支持开放式数据分析模型开发与知识沉淀。
- (3) 一个开放式平台：搭建开放式平台，提供数据资源的统一管理、通用/专用算法工具管理和可视化分析挖掘环境支撑，提升数据集成、管理、分析挖掘的能力。
- (4) 多类主题应用系统：依托开放式平台工具开展大数据应用系统建设，实现“数据→信息→知识→智慧(DIKW)”的能力提升，支撑智慧创新、智慧设计、智慧试验、智慧生产、智慧保障、智慧管理、智慧人才等7类应用APP建设。

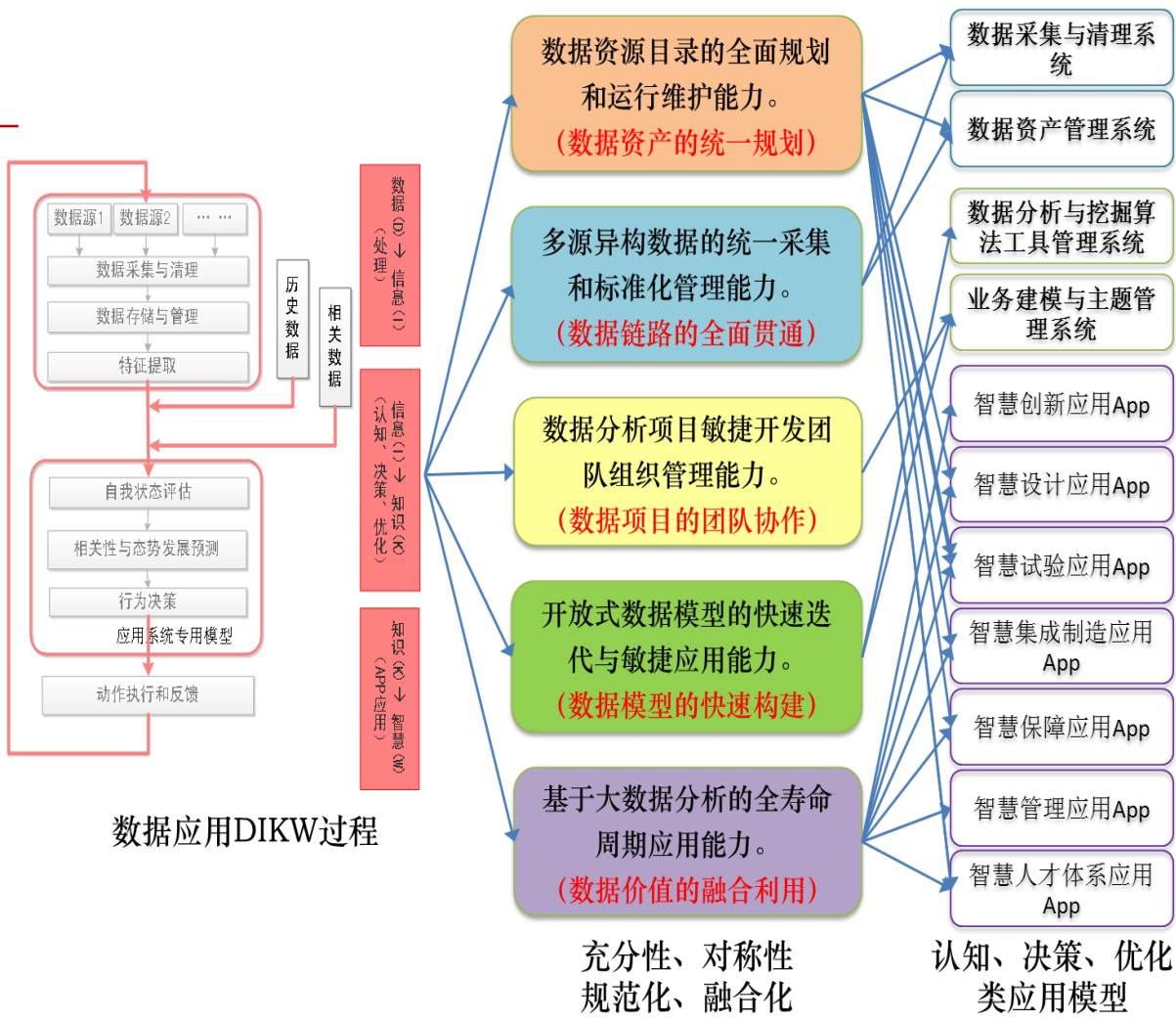


>>> 2.1.4 基于大数据人工智能服务技术（续）

3. 基于大数据智能分析与挖掘技术系统（续）

从数据应用的“数据→信息→知识→智慧(DIKW)处理”
过程：(如图所示)

- 基于大数据的智能分析与挖掘系统融合待分析数据、相关数据和历史数据等，通过数据采集与清理、数据资产管理不断整合和积累形成数据湖，并基于通用算法和专用工具对获得多源数据进行特征提取，完成数据到信息的转换；
- 领域专家和数据科学家组成的联合团队对特征作进一步理解与应用，利用业务建模与主题管理系统开展数据模型建立，形成对问题的自我状态评估、相关性与态势发展预测、行为决策等应用模型，完成信息到知识的转换；
- 最后，通过将各类模型产生的分析结果推送到应用系统执行并反馈结果，实现知识的智慧应用，也为模型改进提供支撑。



2.1.5 基于容器技术的平台服务技术

基于容器技术的平台服务技术：

容器技术可以让开发者在一个资源隔离的进程中运行应用，运行应用程序所必需的组件都将打包成一个镜像并可以复用。执行镜像时，它运行在一个隔离环境中，并且不会共享宿主机的内存、CPU 以及磁盘，这就保证了容器内进程不能监控容器外的任何进程。基于容器技术的平台服务技术可实现以下功能：

- 基于CloudFoundry、Kubernetes+ Docker的混合容器编排技术，提供弹性伸缩环境；
- 向上提供统一开发运行环境，向下提供统一多云架构支持。



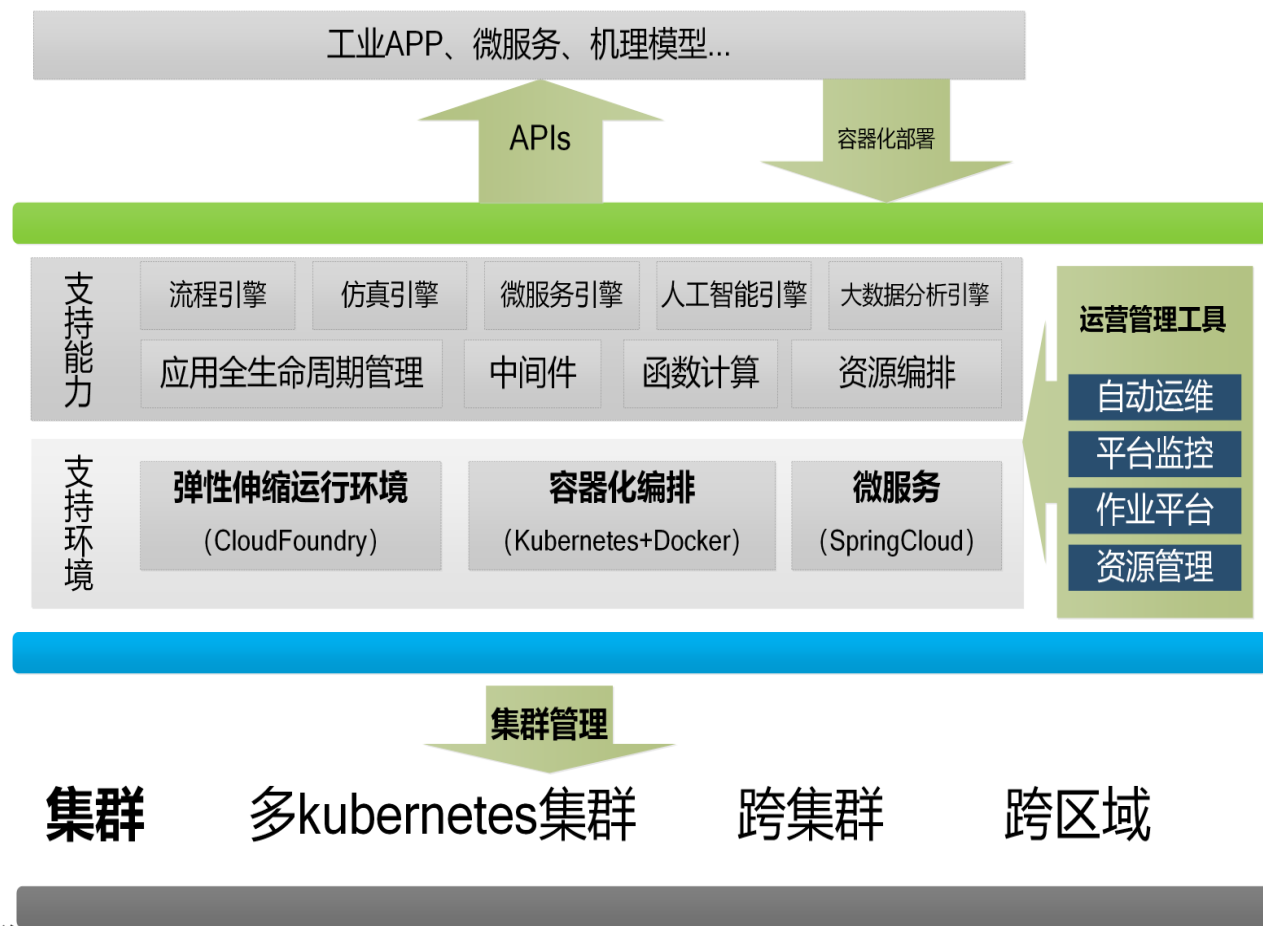
应用、服务



容器化环境

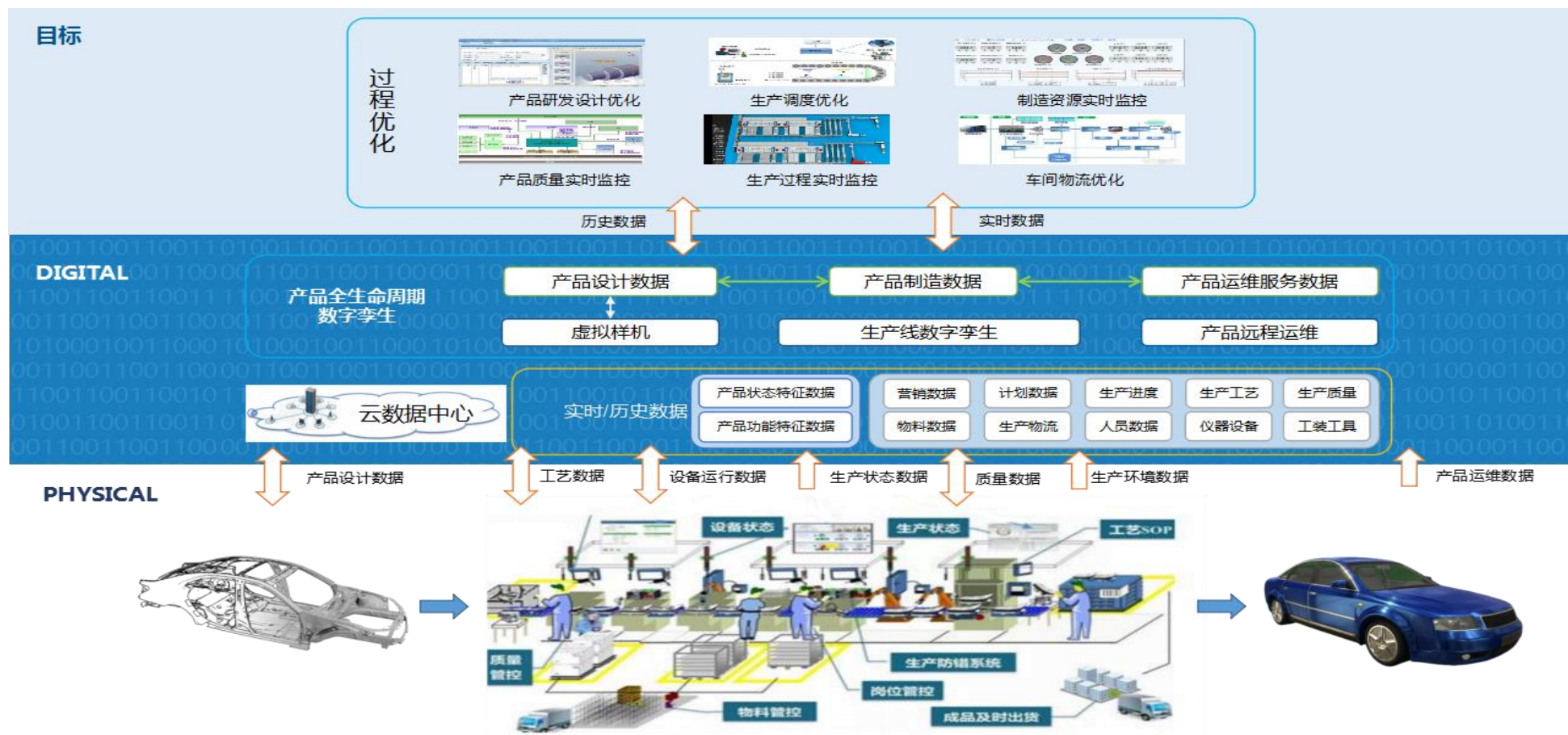


多云架构集群



2.1.6 建模、仿真引擎服务技术——数字孪生服务技术

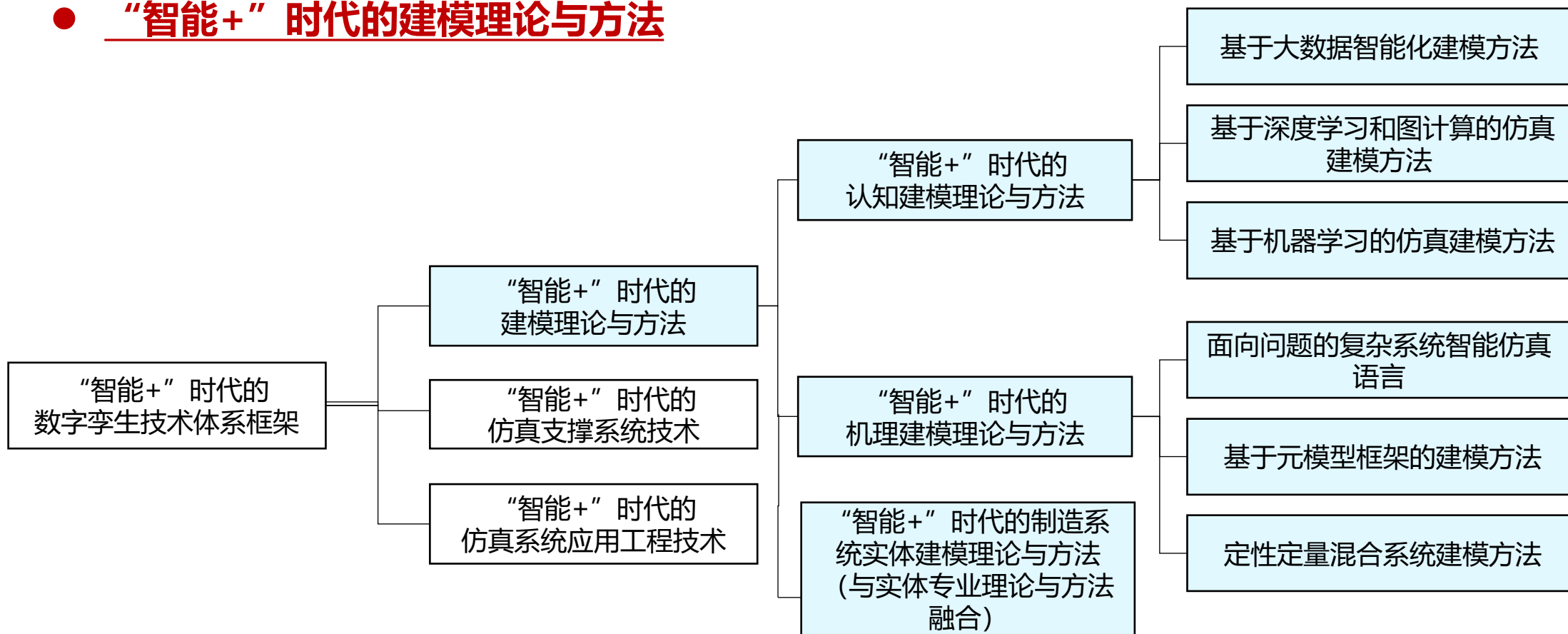
- 数字孪生服务技术，是以数字化方式创建制造系统实体（物理实体、逻辑实体）的虚拟模型，通过虚实交互反馈、数据融合分析、决策迭代优化等手段，实现和支撑制造系统及其过程的各种优化。



>>> 2.1.6 建模、仿真引擎服务技术——数字孪生服务技术（续）

□ “智能+” 时代的数字孪生技术体系框架

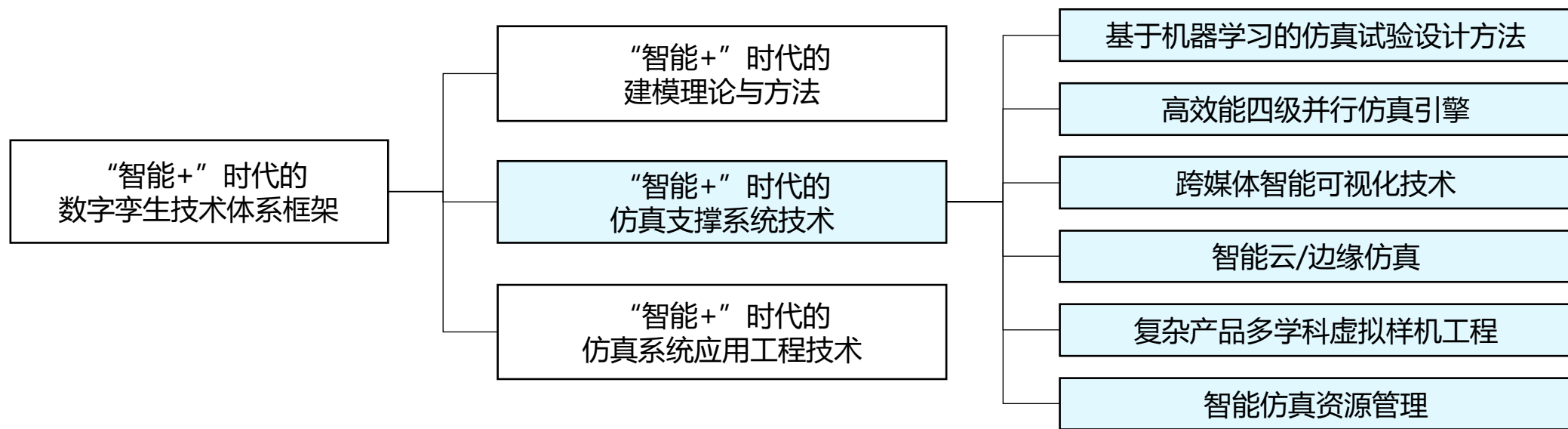
● “智能+” 时代的建模理论与方法



>>> 2.1.6 建模、仿真引擎服务技术——数字孪生服务技术（续）

□ “智能+” 时代的数字孪生技术体系框架（续）

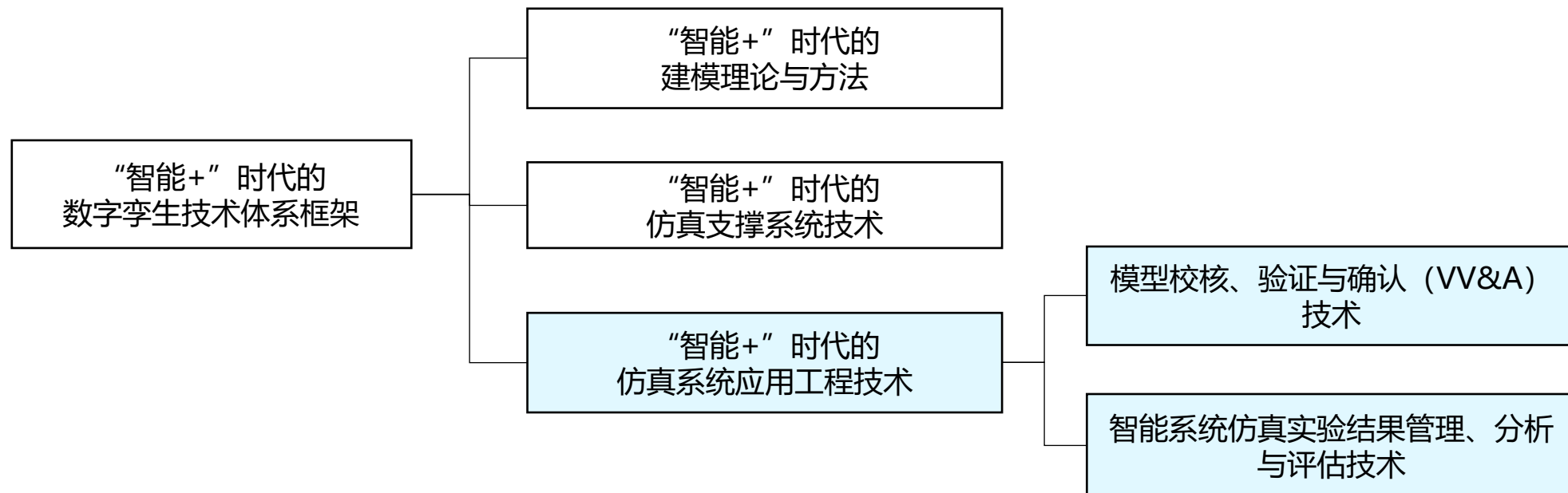
● “智能+” 时代的仿真支撑系统技术



>>> 2.1.6 建模、仿真引擎服务技术——数字孪生服务技术（续）

□ “智能+” 时代的数字孪生技术体系框架（续）

● “智能+” 时代的仿真系统应用工程技术

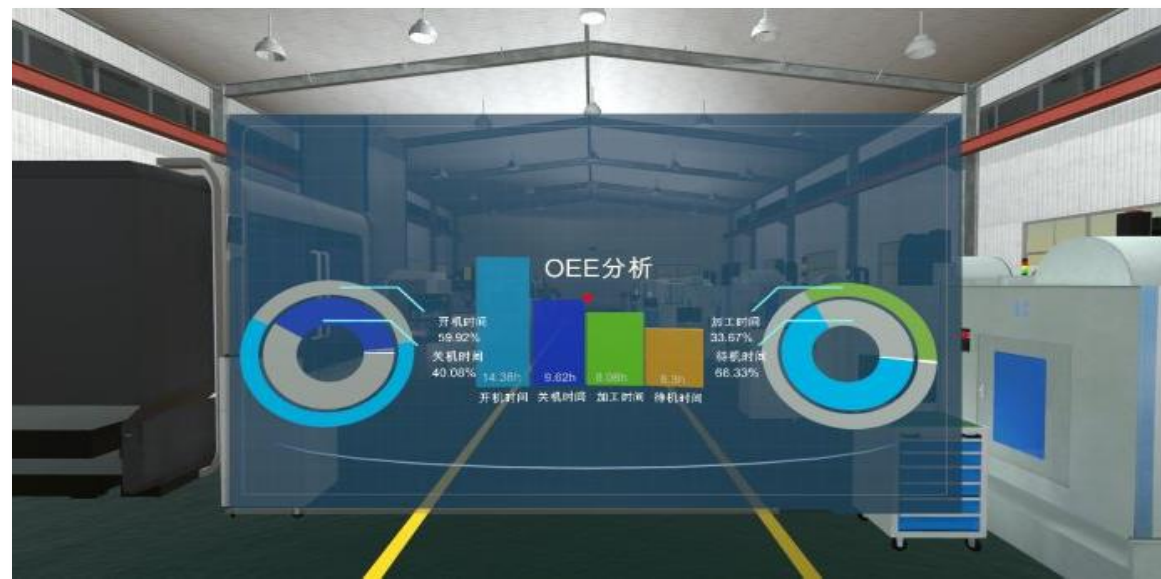


>>> 2.1.6 建模、仿真引擎服务技术——数字孪生服务技术（续）

- 例如：虚拟工厂——在云平台上用数字孪生技术构建与实际工厂中物理环境、生产能力和生产过程完全对应的虚拟制造工厂，实现虚拟工厂，集成企业接入的各类制造信息，支持产线布局规划、车间生产和运营服务等各个阶段的监控、仿真、分析和优化。



● 产线布局规划



● 生产运行实时监控

● 智能诊断分析

● 生产流程优化

2.1.7 工业APP技术

□ 原生APP——

CMSS（云制造应用支撑系统）

- 横向集成智慧研发、精益生产、智能服务、智慧管控的产品全生命周期服务
- 纵向结合各专业应用和协同应用，形成互联企业层、企业层、产线层、设备层四个层次的应用服务
- 采用“一脑一舱两室两站一淘金”的业务界面为企业用户提供服务



SaaS层业务界面：一脑一舱两室两站一淘金

>>> 2.1.7 工业APP技术 (续)

□ 第三方应用APP服务—提供工业软件148项服务，包含专业软件和协同类软件服务。

企业管理软件专区

云售后

云车间

DYX项目管理系统

好会计

云端品控实验室信息管

更多>

工程类软件专区

连恩智能云MES

Simright Simula...

精益卫士人工智能设备

数控设备分析

研发堆计算公式

更多>

工具类软件专区

WPS Office

企业视频社交平台

Maya

3ds Max

航天云网视频会议

更多>

合作伙伴专区

SIEMENS

MSC Software

AUTODESK

DASSAULT SYSTEMES

武汉开目信息技术有限公司

更多>

热门应用

1. 精益卫士人工智能设备维修辅助系统

2. 云车间

3. 数控设备分析

4. Simright Simulator

5. Simright Toptimizer

6. 云端品控实验室信息管理系统

更多>

最新应用

1. 云售后

2. 研发堆计算公式

3. 连恩智能云MES

4. 数控设备数据管理

5. 合并报表

6. 全面预算

更多>

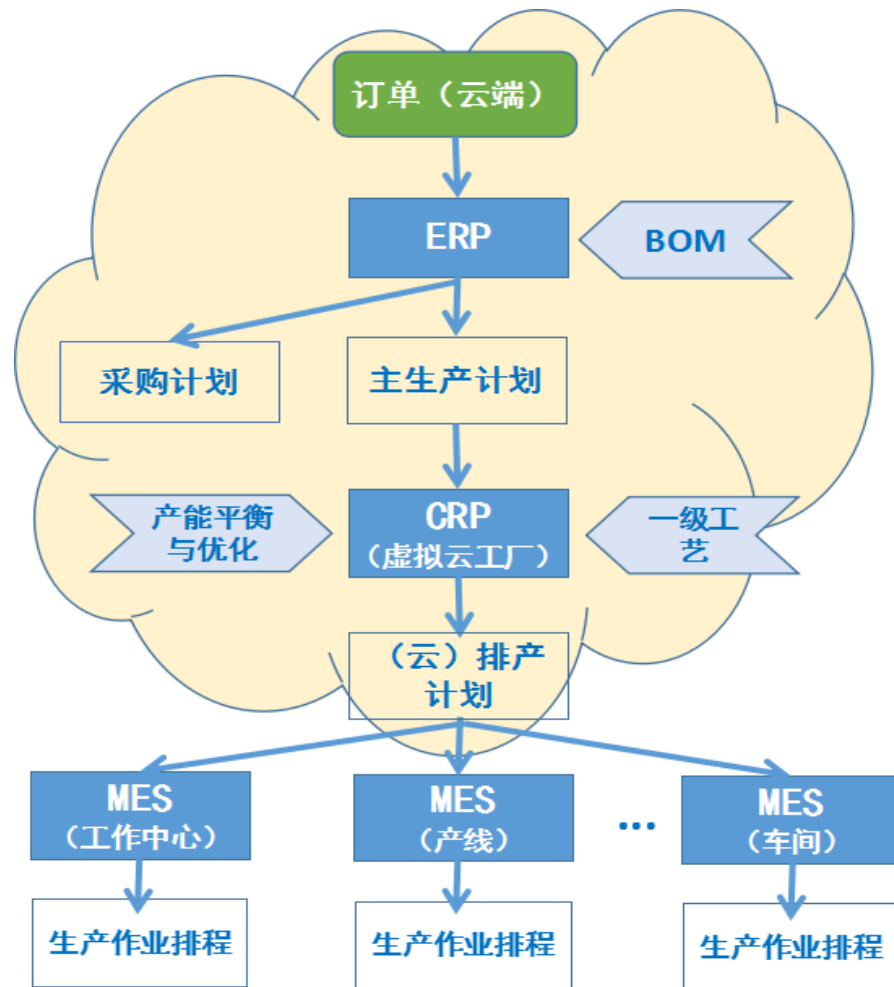
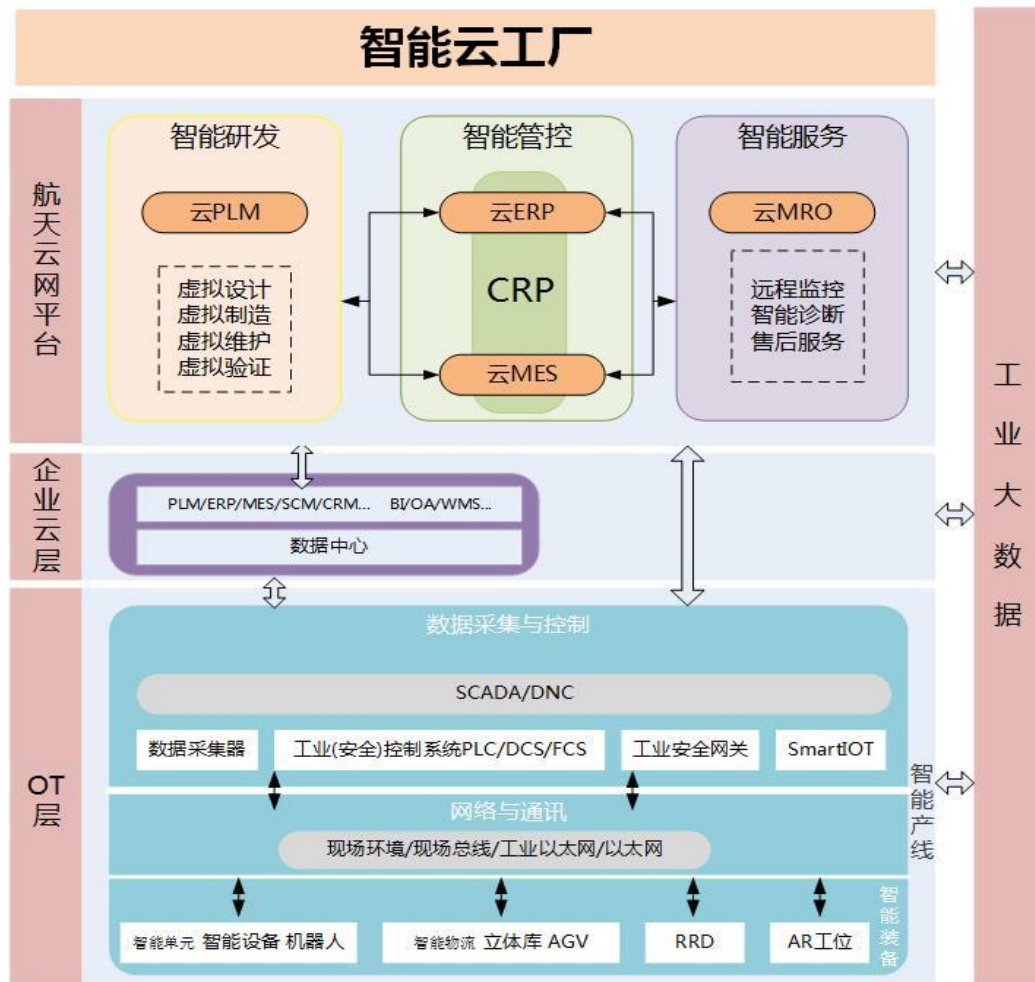
序号	类别	名称
1	CAD	ProE、CATIA、NX
2	CAE	ANSYS、Abaqus、Nastran、ADAMS、Hyperworks、Femap、NX-CAE、MaterialCenter、ANSA、MaterialCenter、MSC Marc、MSC Actran、MSC Apex Modeler、MSC Simufact、MSC SimXpert、OptiStruct、MSC Patran
3	EDA	Protel、Cadence、Magneforce
4	CFD	Fluent、Autodesk CFD、CFX、StarCCM+、FloWINGs
5	MDO	Isight、modeFRONTIER
6	CAM	Tecnomatix、NX-CAM、Moldflow、Mastercam

2.1.8 基于云平台支持 “智能工厂、协同制造、双创（创新、创业）、智能服务” 等技术



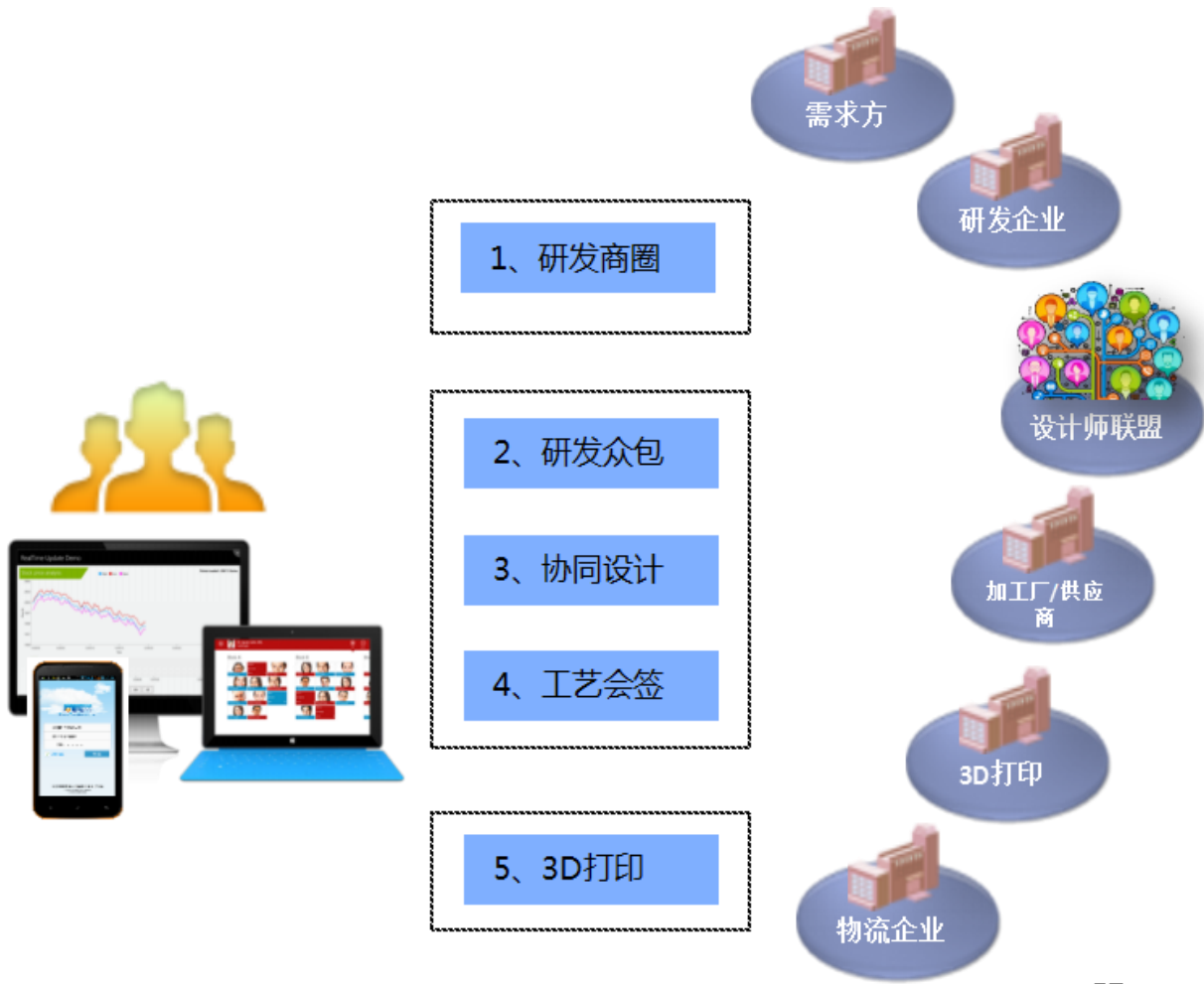
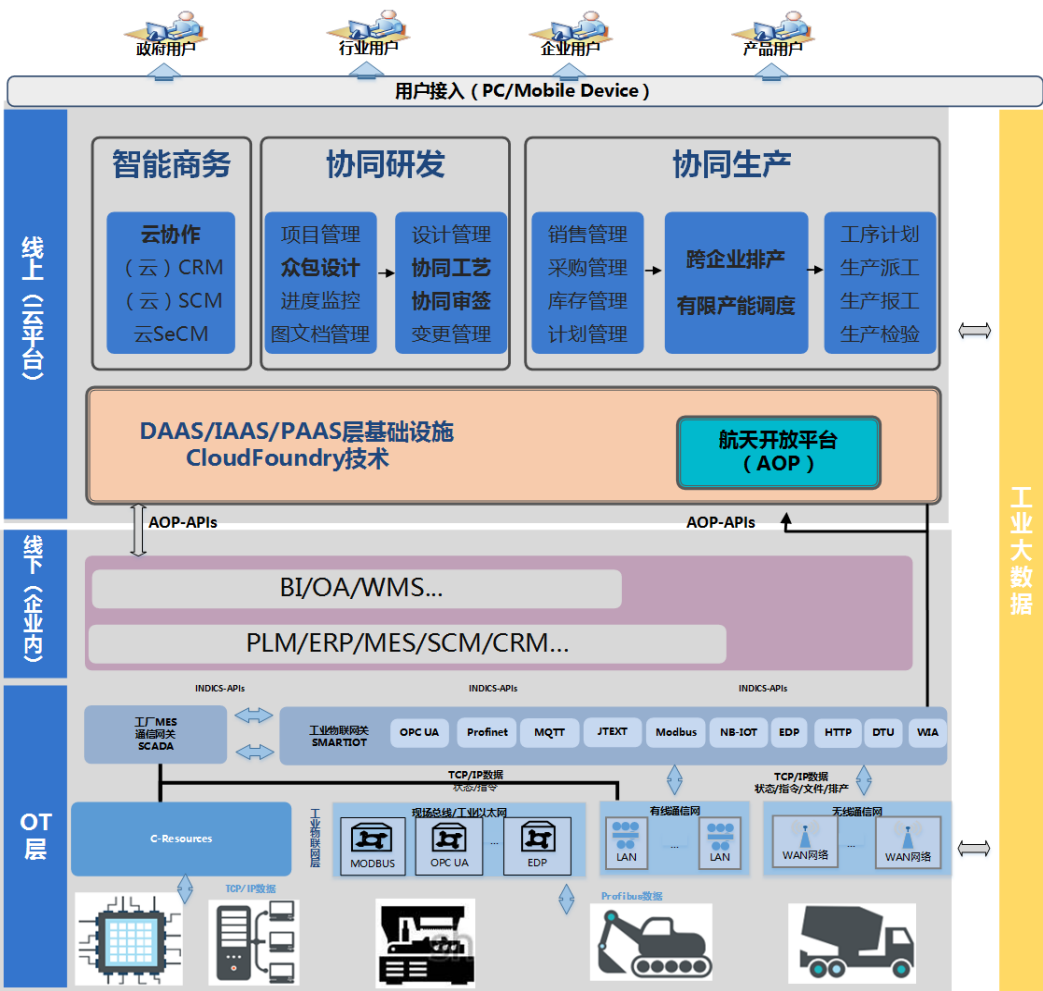
2.1.8 基于云平台支持 “智能工厂、协同制造、双创（创新、创业）、智能服务” 等技术（续）

1. 基于云平台智能工厂解决方案



>>>2.1.8 基于云平台支持 “智能工厂、协同制造、双创（创新、创业）、智能服务” 等技术（续）

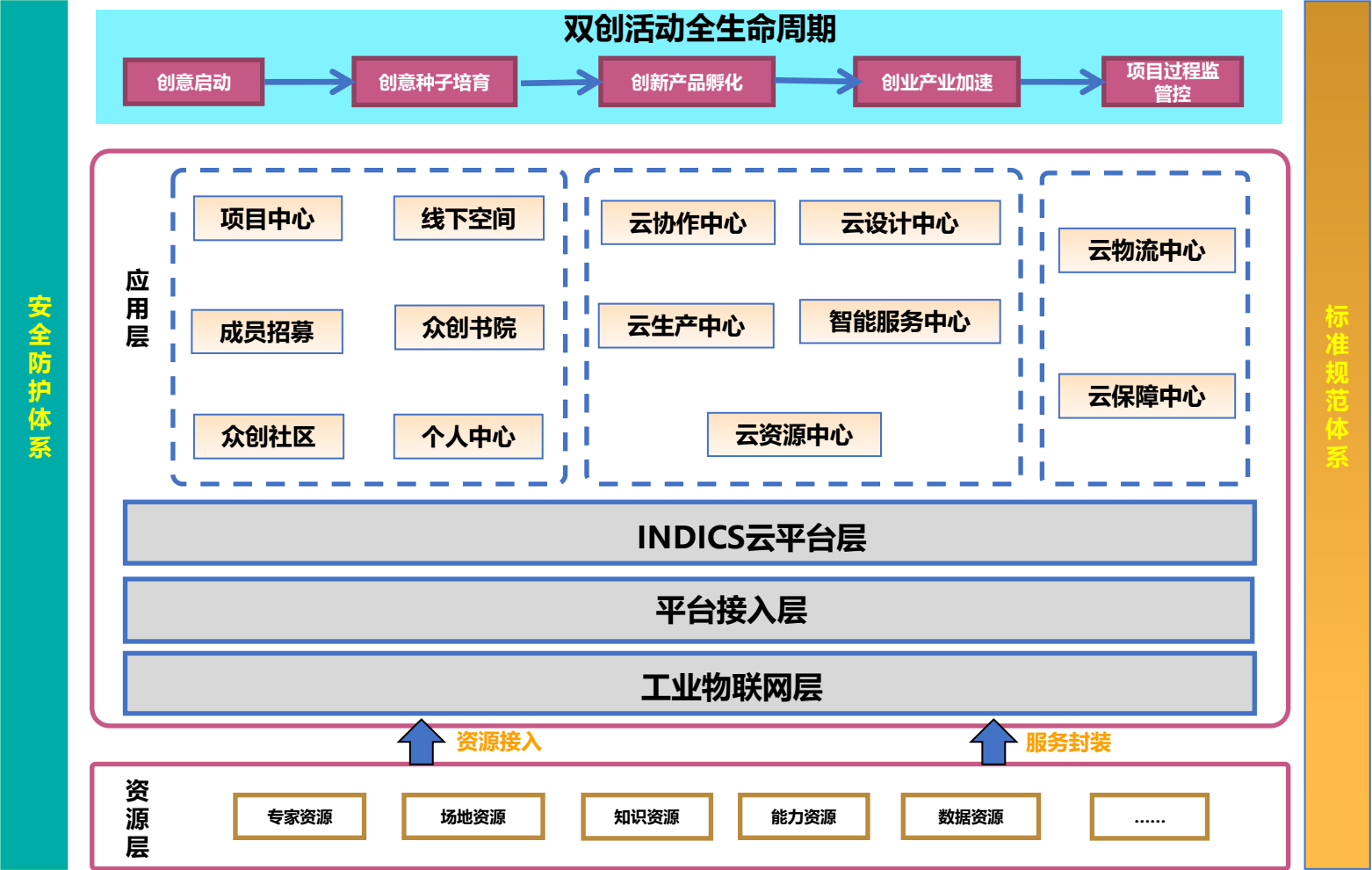
2. 基于云平台的社会化协同制造解决方案



>>>2.1.8 基于云平台支持 “智能工厂、协同制造、双创（创新、创业）、智能服务” 等技术（续）

3. 基于云平台的创新创业解决方案

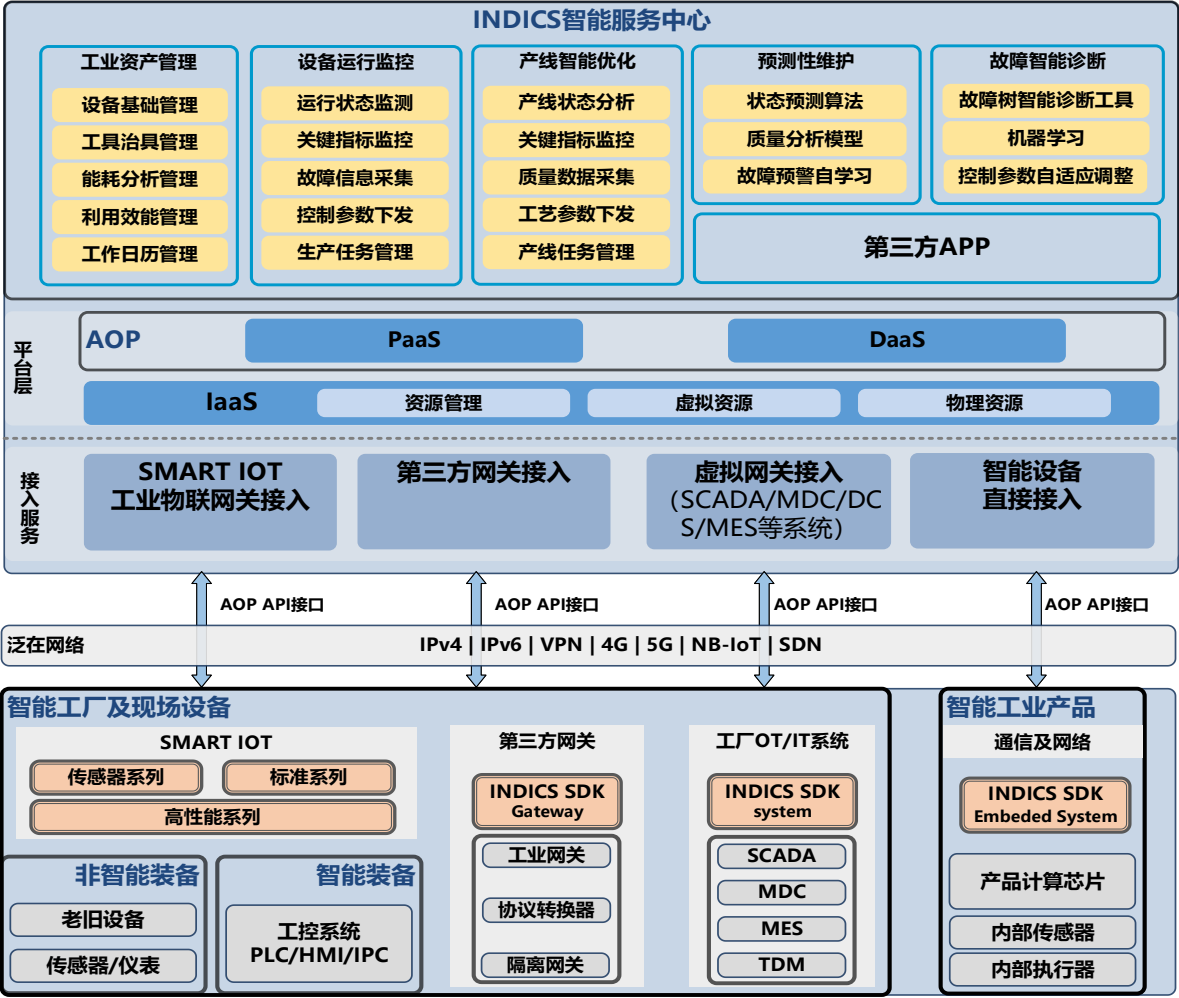
- 提供专家、场地、知识、能力、数据等各类双创资源服务
- 提供项目发布、成员招募、专家咨询、产品孵化等创新创业服务
- 提供协同设计、协同仿真、协同生产、协同保障等服务，
- 支撑创新创业活动全生命周期



>>>2.1.8 基于云平台支持“智能工厂、协同制造、双创（创新、创业）、智能服务”等技术（续）

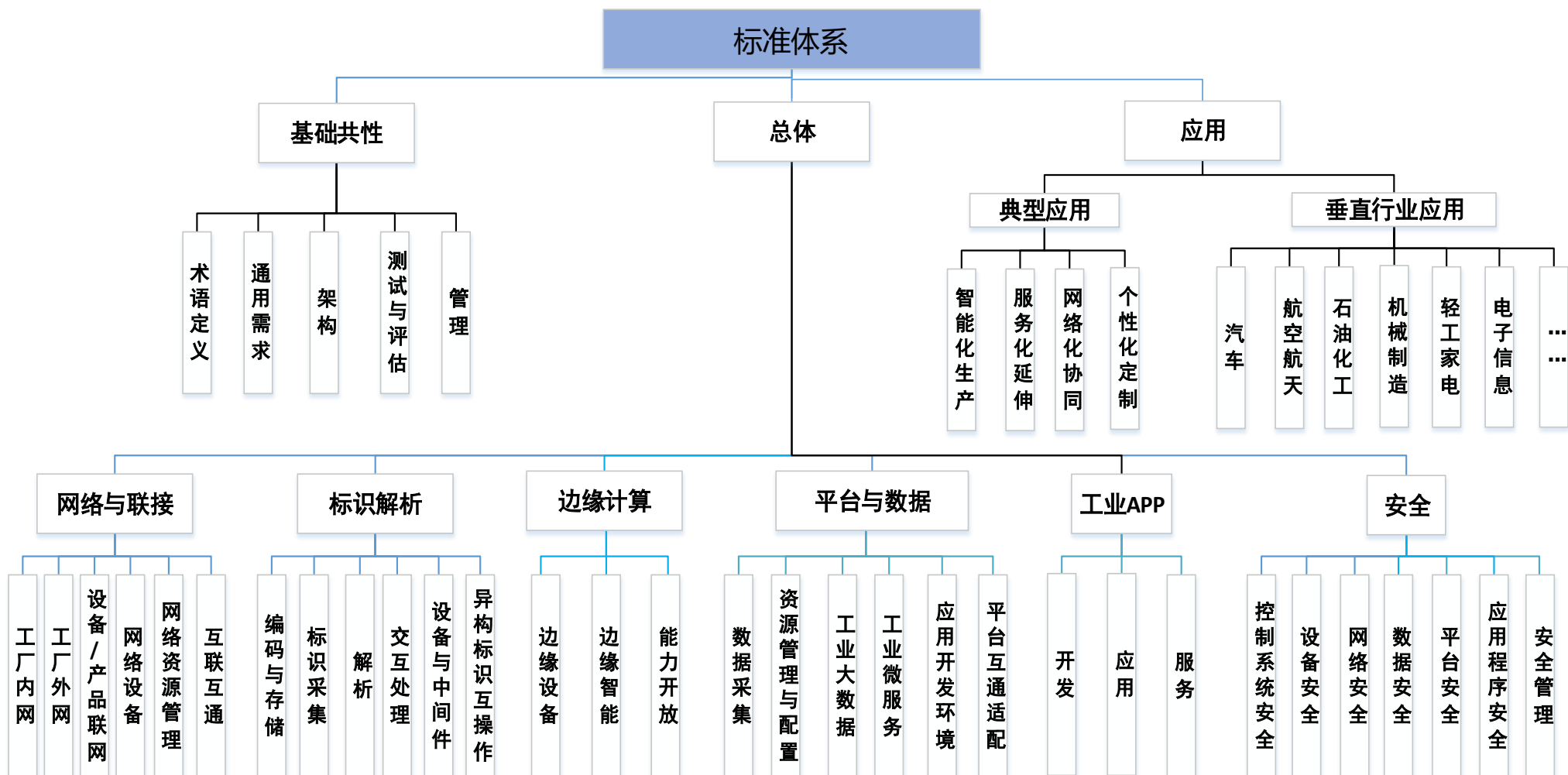
4. 基于云平台的智能服务解决方案

- 云平台提供多种工业设备接入方式，包括SMART IOT等工业物联网网关产品，以及支持第三方网关、系统、智能产品接入的云平台接入开发工具（SDK）。
- 工业数据接入云平台后，用户可以直接使用平台提供的智能服务应用对数据进行管理、分析和使用。同时云平台提供第三方应用开发接口及运行环境，支持第三方开发者进行工业数据的应用开发。



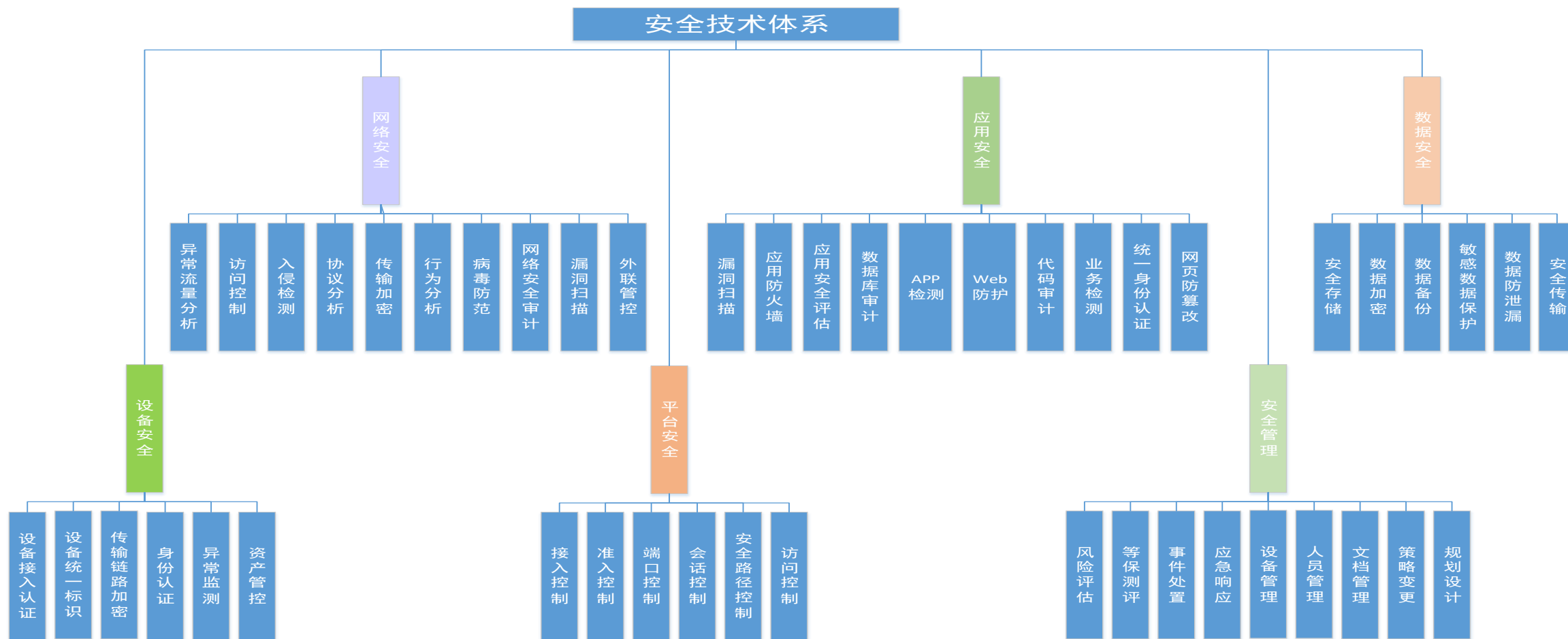
2.1.9 标准化技术

□ 标准体系包括基础共性、总体、应用三大类标准。



2.1.10 安全技术

□ 安全技术体系包括“设备安全技术、平台安全技术、网络安全技术、应用安全技术、数据安全及安全管理技术”六大类安全技术。



2.2 “航天云网2.0”的创新性



理念创新

- 在持续发展制造模式、技术手段和业态方面的创新：

在“智能+”时代需求和有关新技术，特别是在新一代人工智能技术引领下，借助新一代人工智能技术、新制造科学技术、新信息通信科学技术，以及新制造应用领域专业技术等4类新技术深度融合，智能制造系统必须发展其新模式、新技术手段和新业态，以构成新的数字化、网络化、云化、智能化的智能制造系统。

- 在智能制造系统内容（要素与流程）方面的创新：

新时代制造企业 / 行业的发展，需要制造全系统及全生命周期活动中的人、技术/设备、管理、数据、材料、资金（六要素）及人才流、技术流、管理流、数据流、物流、资金流（六流）的全局新集成优化。

- 在智能制造系统目标方面的创新：

云制造系统3.0 实现高效、优质、节省、绿色、柔性、安全地产品和服务用户，提高企业的市场竞争能力。



技术创新

- 提出了新一代人工智能技术引领下的云制造系统3.0 的新体系架构及其创新技术体系；

- 攻克了10类关键技术，研发成云制造系统3.0 雏形——航天云网2.0。

>>> 2.2 “航天云网2.0”的创新性（续）



产品创新

- 围绕云制造系统3.0 在系统纵向范围：产品、设备、单元（线）、工厂（企业）、区域、城市、行业、跨行业，系统横向范围：制造全生命周期活动，及端对端间的“信息互通、资源共享、能力协同、开放合作、互利共赢”等需求，开发了面向云制造的产品集群，包括：
 - INDICS (Industrial Internet CloudSpace) ，即工业互联网云空间
 - CMSS (Cloud Manufacturing Support System) ，即云制造支持系统
 - 智能制造云服务平台，以INDICS+CMSS的搭配方式，构建和涵养以工业互联网为基础的云制造产业集群生态



应用创新

- 基于INDICS+CMSS的三朵云（公有云、私有云、国际云），在行业应用中产生了良好的效果。
- 在数字孪生、大数据智能等新技术应用方面，取得了良好的应用效果。



航天云网典型应用

3.1 航天云网应用概况

- 构建并运行3类云：包括“航天科工集团专有云，航天公有云，航天国际云”。
- 2019年4月统计数据：



3.2 航天云网2.0典型应用范例

3.2.1 基于大数据的智能云服务应用案例

(1) 关键问题

佛山某机器人公司是一家以工业机器人为主要产品的高端装备制造企业。

- 原有的产品服务保障体系难以满足用户的维修需求，设备维修响应不及时，设备运维成本高、设备损耗高；
- 用户企业机器人设备管理困难；
- 产品全生命周期质量控制得不到保证。

(2) 解决方案

通过搭建基于航天云网INDICS的云服务平台，实现大数据智能云服务，以帮助企业实现运维服务的精准化、智能化。

- 对其设备进行智能化改造之后，并通过智能网关接入云平台，实时采集工业机器人的状态数据和运行数据；
- 开发设备运行工况监测、设备利用效能监控、维修维护管理等多种智能服务APP，帮助企业实现远程监控、预测性维修。

(3) 应用效果

- 目前共接入38家企业，78条产线的350余台机器人，实时监测机器人运行工况、及时发现工作异常，及时维护保养，减少非计划停机。并通过积累故障数据优化机器人设计。
- 减少了30-40%设备维护时间，设备的利用率提升约18%。
- 在机器人出厂时将SmartIOT智能网关产品作为标准配件进行应用，通过智能配件和智能服务应用等提升新盈利点。



设备运行监控中心



设备利用效能监控

>>> 3.2 航天云网2.0典型应用范例（续）

3.2.2 基于数字孪生的高端电器连接件智能工厂应用案例

(1) 关键问题

以航天电器智能制造样板间为例，该企业生产的高端电器连接件产品具有多品种、小批量、定制化的特点。

- 缺少支撑协同设计生产的平台，存在跨事业部及与客户/供应商的协同效率低；
- 跨地域资源协作程度低，排产准确率低，资源调度不合理；
- 设备、质量、生产、运营等大数据的分析利用程度较低。
- 虚实结合协同制造需求迫切。目前企业的产线设计、节拍计算、布局优化等，未实现从事前仿真优化，到事中监控，事后优化的闭环透明管控模式。

(2) 解决方案

- 建设云端设计工艺协同CPDM系统、云端资源协同CRP系统、云制造运营管理系统CMOM，并与企业内部ERP、MES及自动化产线集成，实现线上线下相结合的生产计划、BOM/工艺数据、企业运行数据三条主线打通；
- 通过智能网关将设备数据、产线数据及企业数据上传云平台，应用大数据挖掘与分析技术对质量、销售、采购、生产等数据进行挖掘分析，为工艺优化及企业的运营决策提供指导；
- 应用VR技术对厂房、产线、物流进行建模，搭建虚拟工厂，实现远程监控，并利用仿真工具对产线布局设计、物流设计、节拍计算等进行仿真，搭建数字孪生模型，为产线提供优化指导。

(3) 应用效果

- 实现了基于智能工厂的产品设计、制造、检测、物流等全生命周期的智能化。生产效率50%↑，产品研制周期33%↓，产品不良率56%↓，运营成本21%↓。



质量/工艺优化



虚拟工厂

>>> 3.2 航天云网2.0典型应用范例 (续)

3.2.3 面向航天复杂产品的协同制造应用案例

(1) 关键问题

航天产品是一类复杂产品，其研制往往具有涉及的专业学科技术广、配套的研制单位多、知识含量高、新技术多学科交叉突出等特点。

行业中存在的主要问题包括：

- 科研生产体系相对封闭，资源配置不均衡；
- 生产制造模式相对落后，缺乏多学科、跨专业协同，生产过程不透明，决策缺乏数据支撑；
- 研制技术手段单一，柔性化、智能化手段缺乏。

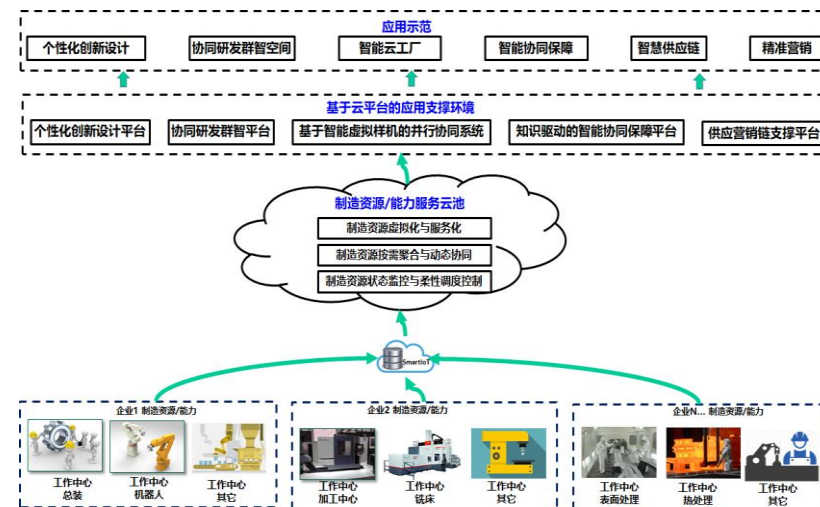
(2) 解决方案

针对航天复杂产品特点及其对新生产模式的挑战，航天云网搭建内部专有版INDICS平台：

- 在纵向层面，构建多级制造云：智能设备云、智能车间云、智慧企业云和集团智能制造云；
- 在横向层面，基于INDICS平台，实现资源/能力的精准协同、跨企业多学科协同设计、跨企业柔性排产、智能生产、智能服务等各类智能化应用服务。
- 初步实现了基于大数据的制造资源/能力的智能推荐、跨企业的制造能力的智能感知和动态协同、人机混合智能等应用。

(3) 应用效果

- 覆盖航天科工600余家单位，遍布全国30多个省市，活跃用户数超过50000；
- 累计发布31大类2600余项专业能力，登记可共享租用设备设施超过2万台，在线接入设备资源5500余台（套），共享知识产权、标准、专业文献等知识资源83.1TB、软件资源36项；
- 累计发布制造资源/能力需求超过千亿元，成交646.8亿元；
- 初步构建航天科工内部产业协同生态，资源利用率提高40%，提供跨研究院协同设计、跨单位协同生产服务，生产效率提高30%。

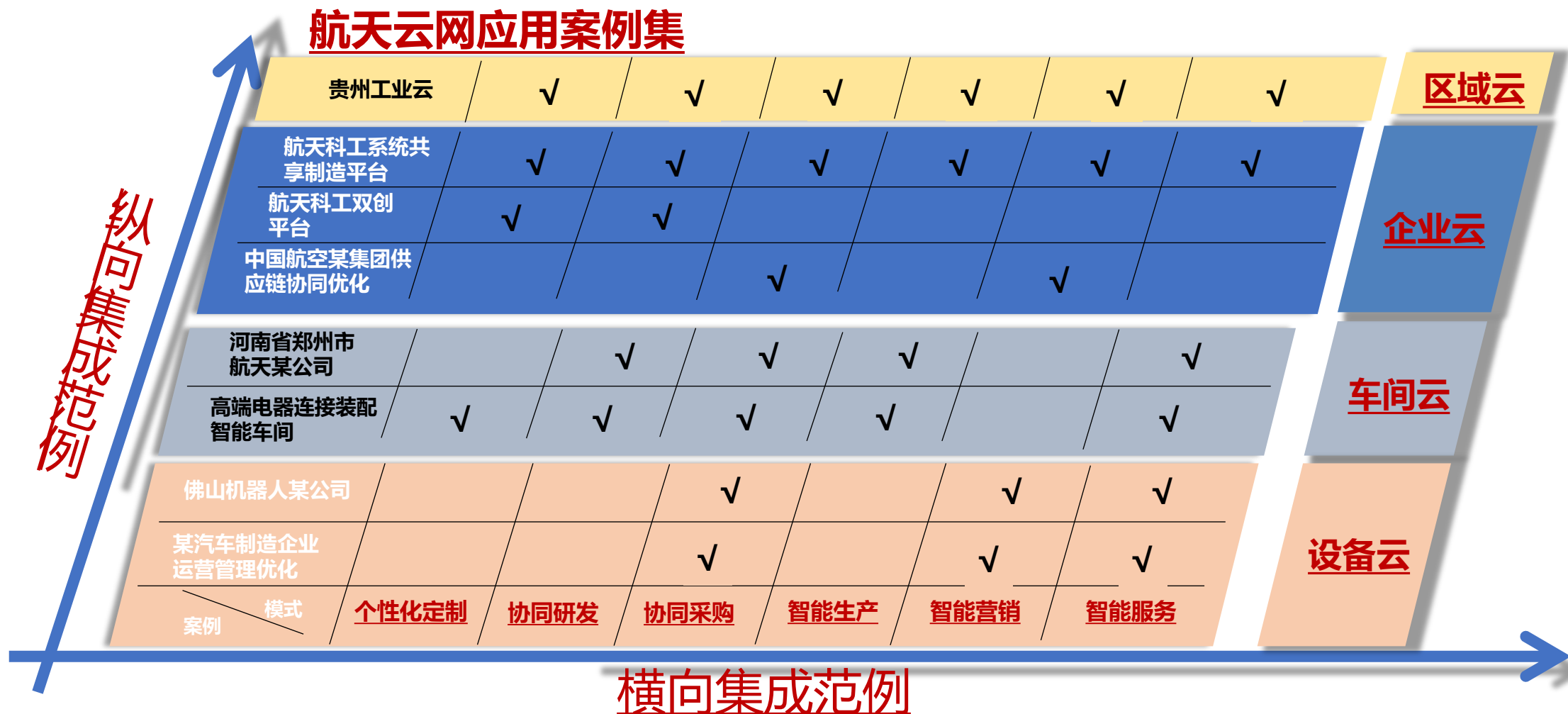


面向复杂产品的协同制造应用架构



航天科工专有云

3.3 航天云网在横向集成、纵向集成应用案例集（详略）



四

“智能+”时代云制造系统的发展

4 “智能+”时代云制造系统的发展

宏观上讲，云制造系统的发展需要在“政府引导，市场主导”原则下：

- 要注重企业为中心的“政、产、学、研、金、用”结合的技术创新体系的建立；
- 要注重各类人才培养；
- 要注重国家/地方基础设施建设；
- 要注重国家/地方政策支持；
- 要注重“技术、应用、产业”的协调发展。

>>> 4.1 技术方面加强六个重视

1. 要重视新一代人工智能技术引领下，将新兴的信息通信科学技术、新一代智能科学技术及制造应用领域新专业技术等技术深度融合系统的发展

① 建立新一代人工智能技术引领下的云制造系统技术体系



>>> 4.1 技术方面加强六个重视（续）

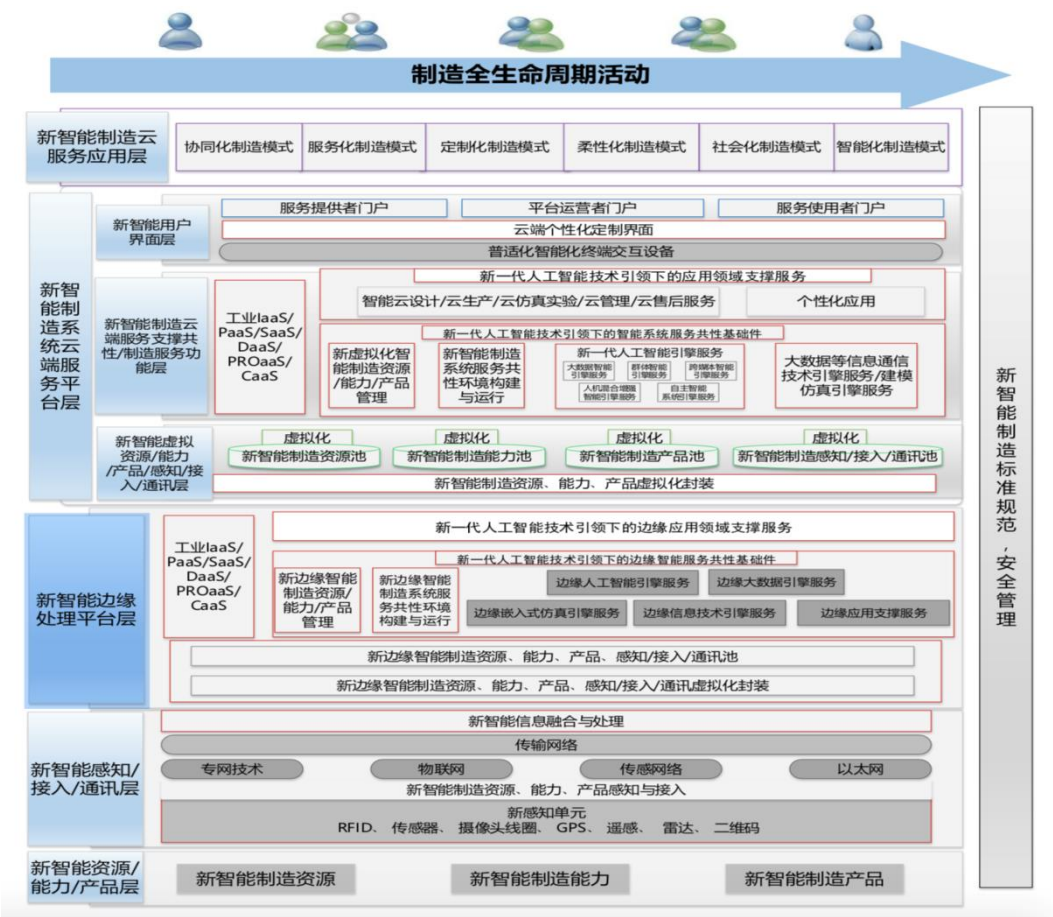
② 平台（硬软结合）技术中，要在新一代人工智能技术引领下融合新信息通信技术（如：大数据技术、高性能嵌入仿真/边缘计算/数字孪生技术、新互联网/5G技术、区块链技术、及VR/AR技术等）的研究

□ 云制造系统3.0是基于云制造3.0的内涵所构成的新制造系统。
其体系架构：

- ① 新智能资源/能力/产品层
- ② 新智能感知/接入/通讯层
- ③ 新智能边缘处理平台层
- ④ 新智能制造系统云端服务平台（新虚拟智能资源/能力/产品/感知/接入/通讯层、新制造云端服务支撑共性/制造服务功能层、新智能用户界面层）
- ⑤ 新智能制造云服务应用层
- ⑥ 新人/组织
- 各层新标准及新安全管理

□ 云制造系统3.0是一种“人、信息（赛博）空间与物理空间“融合的“新智能制造资源/能力/产品”智能互联协同服务的智能制造系统（云）。

- 本体系架构适用于：
- 系统纵向范围：产品、设备、单元（线）、工厂（企业）、区域、城市、行业、跨行业。
 - 系统横向范围：制造全生命周期活动。
 - 端对端间连接。



“智能+”时代的云制造系统3.0的体系架构

4.1 技术方面加强六个重视（续）

2. 要重视加强云制造系统中的设计、生产、管理、试验、保障服务等智能制造的新模式、新流程、新手段（硬/软）、新业态的研究，它是云制造系统的基础；
3. 要重视数据库、算法库、模型库（包括一次模型、二次模型等）、大数据平台、计算能力等基础能力研究与建设；
4. 要重视符合“分享经济”的商业模式技术研究；
5. 要重视安全技术（系统安全及商业安全技术）及相关标准和评估指标体系技术研究
6. 要重视新一代人工智能技术的新发展（正向“强人工智能、通用人工智能及超人工智能”发展）

➤➤➤ 4.2 产业方面重视四个加强（自主可控）

1. 加强云制造3.0工具集（硬件/软件）和平台的产业；
2. 加强面向云制造3.0的智能产品的产业；
3. 加强云制造系统3.0（行业、企业、车间及制造产业链上各阶段的云制造服务系统）的构建与运行产业；
4. 加强云制造3.0运营中心的运营服务产业。

4.3 应用方面重视四个突出

1. 要突出行业、企业特点；
2. 突出以问题为导向的云制造模式、手段和业态的变革；
3. 突出系统的六要素、六流的综合集成化、优化和智能化；
4. 突出系统工程的实施原则，即“一把手挂帅”，“创新驱动，总体规划，突出重点，分步实施”的指导思想，制定好发展规划与阶段性实施方案等。

五

小结

5. 小结

- 5.1 “云制造系统3.0” 是一种 “智能+” 时代的新智能制造系统。
- 5.2 “云制造系统3.0” 为实施我国 “制造强国” 战略规划和行动计划，为制造业与新互联网技术、大数据技术与人工智能技术为代表的信息通信技术融合发展提供了一种智能制造系统的新模式、新手段和新业态。
- 5.3 “云制造系统3.0” 还是持续发展中的制造新模式、手段和业态。
- 5.4 “云制造系统3.0” 的发展与实施还需要全国、全球的合作与交流，同时又要充分重视各国的特色和各行业、各企业的特色。

特别感谢

施国强、周军华、曲慧杨、陶飞、宋晓、卿杜政、戴荣、曹丽霄、
谷牧、邹萍、杨晨、任磊、乔立红、杨建中、段桂江、苑海涛、郭
丽琴、邢弛、贾政轩、翟翔、刘晓亮、廖中华、张迎曦、张雅彬、
杜承烈、耿超、麦金耿、罗啸、王京、宿春慧、姜海森、申俊波、
潘亚南、张涛、张俊毅、刘睿、刘涛涛、石波、陈志浩、王晓菲、
吴朝雄、于冰、唐蕾、任旭、陈继华、冀秀萍、刘铮、刘哲、韦达
茵、张晓娟、陈芊妤、王艳广、陈晓双、曹凯

谢谢团队的贡献！

谢谢航天云网相关成果

及应用案例的共享！

谢谢中国科工集团的领导与机关长

期的指导、关心和 support！

参考文献

>>> 参考文献

1. 潘云鹤. "中国新一代人工智能"[C]//天津: 首届世界智能大会, 2017
2. 李伯虎,柴旭东,侯宝存等.云制造系统 3.0-一种“智能+”时代的新智能制造系统[J].计算机集成制造系统,2019,25(12):2997-3012.
3. 李伯虎,柴旭东,张霖等.新一代人工智能技术引领下加快发展智能制造技术、产业与应用[J].中国工程科学,2018,20(04):73-78.
4. 李伯虎, 张霖, 王时龙, 陶飞, 柴旭东等.云制造——面向服务的网络化制造新模式[J].计算机集成制造系统, 2010, 16(1):1-7.
5. 李伯虎, 张霖, 任磊, 柴旭东等.再论云制造[J].计算机集成制造系统, 2011, 17(3):0449-0458.
6. 李伯虎, 张霖, 任磊, 柴旭东等.云制造典型特征、关键技术与应用[J].计算机集成制造系统, 2012, 18(7):1345-1356.
7. 杨海成.云制造是一种制造服务[J].中国制造业信息化, 2010, (6):22-23
8. 李伯虎, 张霖 等. 云制造[M]. 清华大学出版社, 2015
9. 林廷宇, 李伯虎, 柴旭东, 等. 面向云制造的模型自动组合技术[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(7) : 1379-1385
10. Bo Hu Li, Xudong Chai, Lin Zhang, et al. Smart cloud manufacturing (cloud manufacturing 2.0) – a kind of paradigm and approach of smart manufacturing in internet era[C]. Proc. of the 2015 International Intelligent Manufacturing Conference. 2015, Beijing, China
11. Zhang L, Mai J, Li B H, et al. Future manufacturing industry with cloud manufacturing[M]. Cloud-Based Design and Manufacturing (CBDM). Springer International Publishing, 2014: 127-152
12. Zhang L, Luo Y, Tao F, et al. Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm [J]. Enterprise Information Systems, 2014, 8(2): 167-187
13. Liu Y, Zhang L, Tao F, et al. Development and Implementation of Cloud Manufacturing: An Evolutionary Perspective[C]. ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the 41st North American Manufacturing Research Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2013: V002T02A007-V002T02A007
14. Ting Yu Lin, Xudong Chai, Bo Hu Li. Top-level modeling theory of the multidiscipline virtual prototype [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics. 2012,25(3):267-290

>>> 参考文献 (续)

15. Tan Li, Bo Hu Li, Xudong Chai. A Component-based Meta Modeling Framework for Complex Product Virtual Prototype[C]. Computer-aided Manufacturing and Design, 1-2 Nov. 2010, Hong Kong, China
16. Tan Li, Bo Hu Li, Xudong Chai. Research on Meta Modeling Framework of Complex Product Multidiscipline Virtual Prototype[C]. Proc. of 2010 ICMSC, 2-4 Nov. 2010, Cairo, Egypt
17. Ting-Yu Lin, Xudong Chai, Bo-Hu Li. Research on Key Technologies of Resource Management in Cloud Simulation Platform [C]. Proc. of the 23rd European Modeling & Simulation Symposium, 11-15 Sep. 2011, Rome, Italy
18. Ting-Yu Lin, Bo-Hu Li, Xudong Chai, et al. A Multi-Centric Model of Resource and Capability Management in Cloud Simulation [C]. Proc. of 8th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, 10-12 Sep. 2013, Cardiff, Wales
19. 魏毅寅, 柴旭东.《工业互联网: 技术与实践》 ISBN: 9787121316975
20. 李伯虎, 柴旭东, 张霖, 等. 智慧云制造——工业云的智造模式和手段 [J]. 中国工业评论, 2016 (2-3): 58-67
21. 周济, 李培根, 周艳红, 王柏村, 臧冀原, 孟柳. 走向新一代智能制造[J]. Engineering; 2018年01期
22. 李伯虎, 柴旭东, 张霖, 李潭, 卿杜正, 林廷宇, 刘阳. 面向新型人工智能系统的建模与仿真技术初步研究[J]. 系统仿真学报, 2018, 2(2): 349-362
23. 俞坚华. 基于网络强国建设的工业互联网安全产业领域发展与思考[N]. 中国航天报, 2019-05-16 (第 003 版)
24. State Council of the People' s Republic of China. "Made in China 2025" plan unveiled [Internet]. Beijing: State Council of the People' s Republic of China
25. National Manufacturing Strategy Advisory Committee, Center of Strategic Studies of the Chinese Academy of Engineering. Intelligent manufacturing. Beijing: Publishing House of Electronics Industry; 2016. Chinese.
26. State Council of the People' s Republic of China. Development planning for a new generation of artificial intelligence [Internet]. Beijing: State Council of the People' s Republic of China; [updated 2017 Jul 20; cited 2017 Dec 20].
27. State Council of the People' s Republic of China. Guidance of deepening "Internet + Advanced Manufacturing" and developing Industrial Internet [Internet]
28. China Cyber-Physical Systems Development Forum. Cyber-Physical Systems white paper (2017) [Internet]. Beijing: China Electronics Standardization Institute
29. 胡虎, 赵敏, 宁振波等.《三体智能革命》, 2016
30. 李伯虎, 柴旭东, 张霖等, 智慧制造云, 化学工业出版社, 2020, (即将出版)

谢谢！
请批评指正！