

人工智能赋能新型工业化 实施路径

智能化研究所 顾维玺

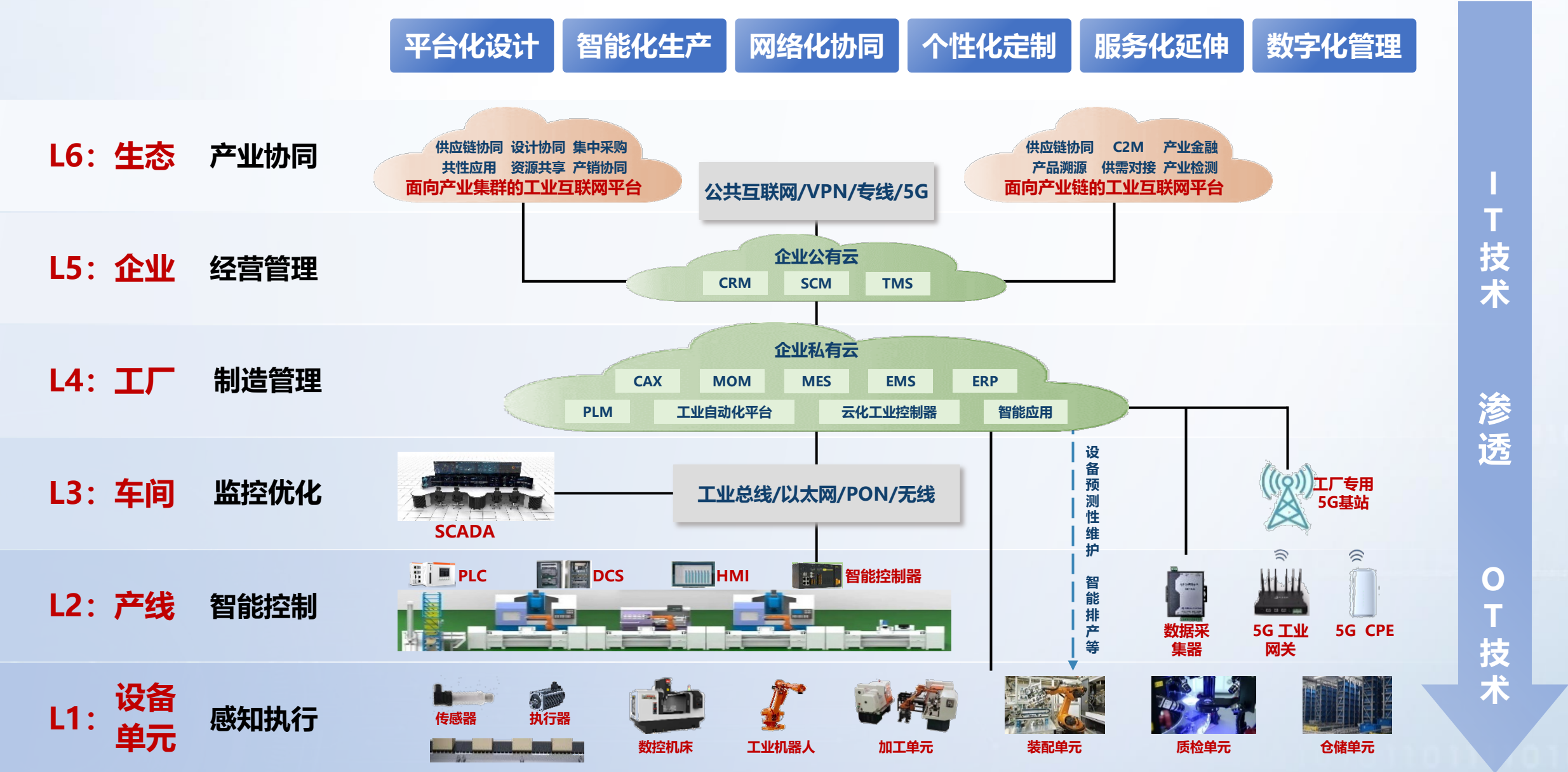
工业互联网大厦

中国工业互联网研究院

目 录

- 一、制造业数智化转型架构**
- 二、人工智能赋能新型工业化实施路径
- 三、人工智能赋能新型工业化发展建议

1.1 实施路径基础：制造业数字化转型的六级架构



1.2 实施路径基础：制造业数智化转型的六级架构

L6: 生态

L5: 企业

L4: 工厂

L3: 车间

L2: 产线

L1: 设备单元

云

边

端

工业互联网
平台协同

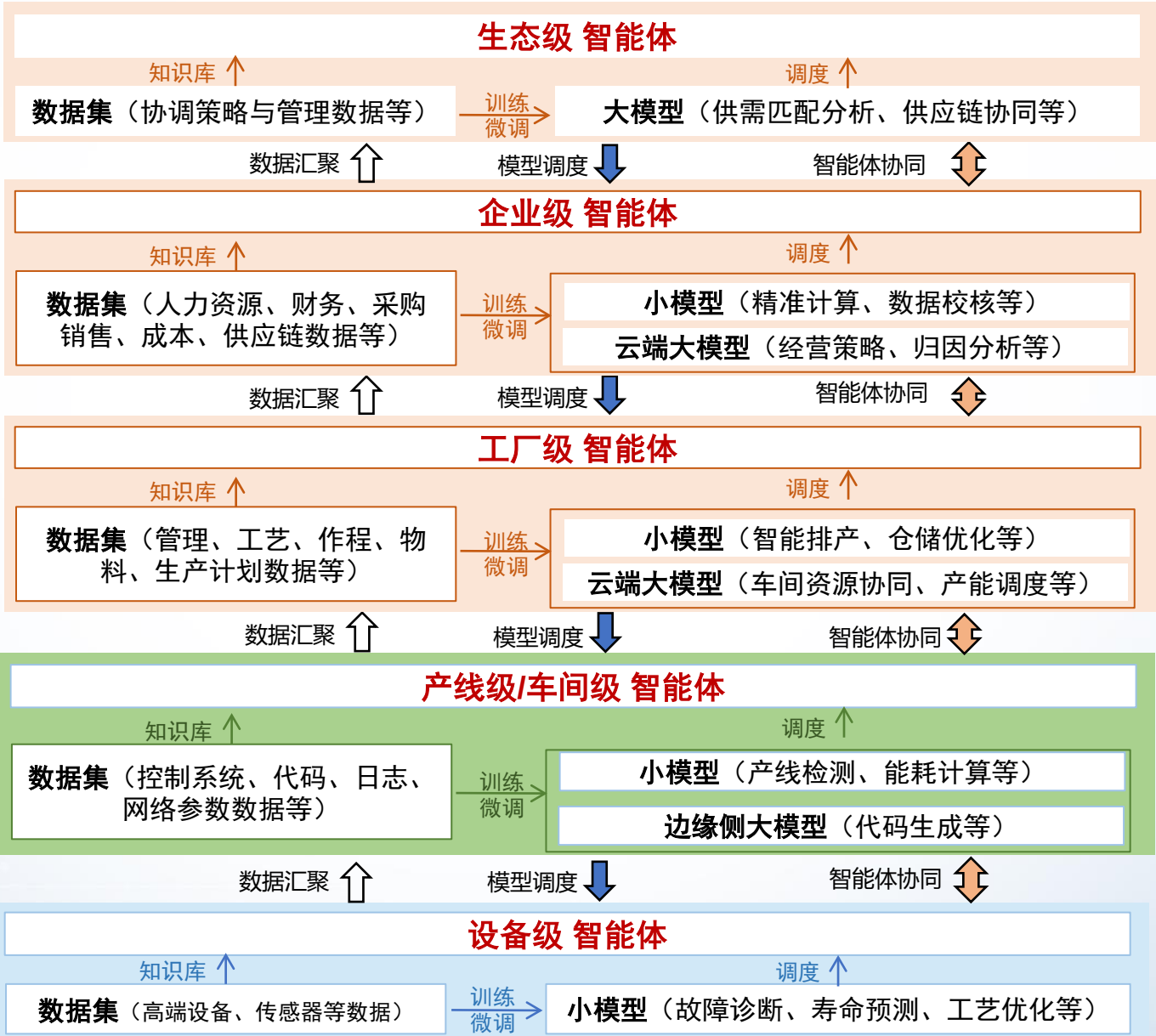
企业公有云

企业私有云

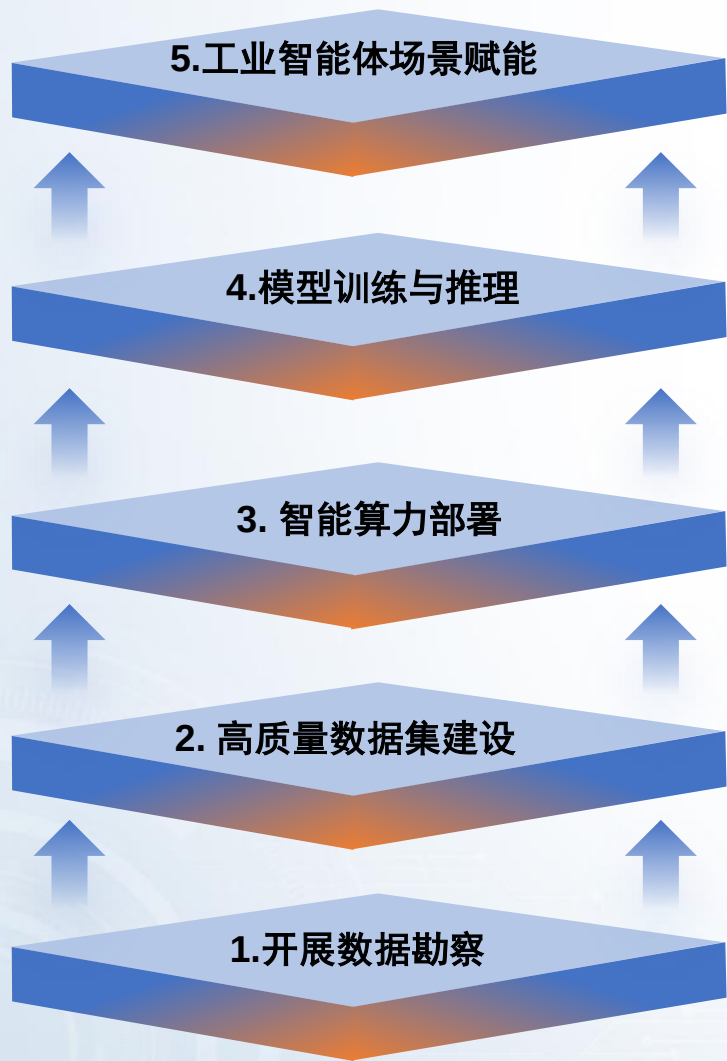
边缘自治

近端控制

终端执行



1.3 人工智能赋能新型工业化实施路径方法论



场景赋能

部署工业智能体赋能场景加快企业数字化、智能化升级。



模型训推

根据已有数据资源与场景需求构建人工智能模型。



算力部署

结合模型训练与推理需求，构建企业智能算力架构。



数据汇聚

针对不同数据类型个性化开展高质量数据集建设。



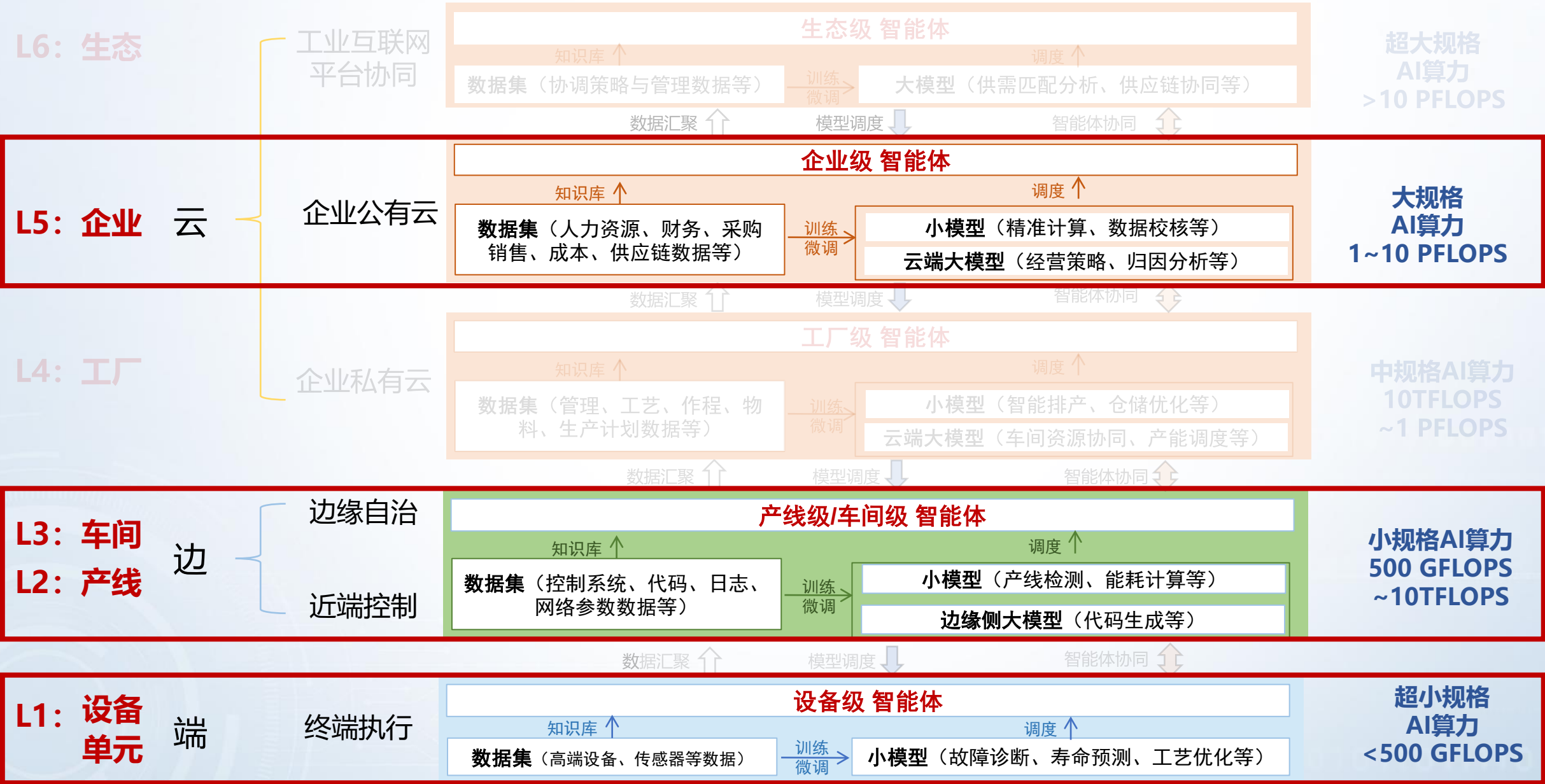
数据勘察

归纳总结制造业企业不同场景或层级下的数据类型

目 录

- 一、制造业数智化转型架构
- 二、人工智能赋能新型工业化实施路径**
- 三、人工智能赋能新型工业化发展建议

实施路径基础：制造业数智化转型的六级架构



2.1 设备单元级（L1）实施路径

- 主要结合智能高端装备的**设备数据、状态数据及工装数据**，通过**机器学习、深度学习**方法构建**小模型**，打造可应用于**故障诊断、工艺优化和寿命预测**等典型场景的设备级工业智能体。



2.2 设备单元级（L1）数据勘察思路

➤ 设备单元级（L1）数据主要**实时性强、动态变化大、物理意义明确、多源异构、价值密度低**等特点。

数据类型	数据主要特点	举例
设备数据 用以描述设备基本信息，反映设备运行工况和健康状态,影响设备性能和运行状态的环境信息等数据。	实时性强：数据产生与传输速度快，需快速响应。	数控机床的主轴振动监测 需在毫秒级内完成数据传输与分析 ，以便在检测到异常撞击时立即触发急停指令。
状态数据 在制造过程、控制过程中反映各种不同状态的物理量信号,如刀具磨破损、机床热变形、切削负荷、振动变形等数据。	动态变化大：设备状态频繁切换，数据模式快速演变。	工业机器人在焊接作业中，随着空载移动与负载焊接状态的频繁切换，其 伺服电机的电流与力矩数据模式快速发生剧烈跳变 。
工装数据 描述工装基本信息,以及采用条码标签等采集的器件、辅具环境、工况、数值等数据。	多源异构：数据来自不同传感器、系统和设备，格式和标准多样。	自动化冲压设备的数据集 同时包含PLC的开关量日志、压力传感器的模拟波形以及工业相机的表面缺陷图像 ，数据结构差异巨大。
	价值密度低：海量数据中真正有价值的信息占比低，需要高效挖掘。	风力发电机组 全天候产生TB级的高频时序数据 ，但仅有极少数片段包含轴承早期故障特征，99%以上均为无意义的平稳运行数据。
	物理意义明确：数据与设备物理状态直接相关，具有明确的业务解释。	齿轮箱上的 振动传感器采集的频谱数据直接对应齿轮啮合的物理频率 ，可用于明确判断是否存在断齿或点蚀磨损。

2.3 设备单元级（L1）高质量数据集建设思路

➤ 采用**边缘实时同步采集、物理机理融合去噪、状态驱动自动标注与冷热分级存储**等策略处理数据。

数据特点	数据采集策略	数据预处理策略	数据标注策略	数据存储管理策略
实时性强	部署支持TSN的边缘网关，确保高频数据采集的低延时与微秒级时间同步。	采用流式计算架构在边缘端数据清洗，避免数据堆积导致延迟。	/	选用高性能时序数据库并配置内存缓存区，支撑高并发写入与极速查询。
动态变化	实施自适应采样策略，在设备状态剧烈变化时自动提高采样频率以捕捉完整动态细节。	进行数据分段与归一化处理，消除不同工况间的量纲差异。	/	/
价值密度低	采用“变化即采集”或“触发式采集”策略，仅在数据波动超过阈值或特定事件发生时记录数据。	在边缘端部署异常检测算法进行数据过滤与降维，剔除海量重复且无效的背景数据。	筛选高价值样本交给人工标注，降低标注成本。	实施冷热数据分级存储策略，将高价值异常数据存入热存储，正常数据归档低成本冷存储。
多源异构	采用统一的工业协议（如OPC UA）或中间件，将不同来源的数据统一封装为标准化格式进行汇聚。	实施多模态数据对齐与融合算法，将图像、时序和日志数据在时间与空间维度上统一结构。	采用交叉验证标注法，利用一种模态（如视频）辅助校验另一种模态（如传感器）的标签准确性。	构建支持结构化与非结构化数据混合存储的数据湖架构，实现多源数据的统一纳管。
物理意义明确	/	引入物理机理模型进行数据校验与逻辑清洗，剔除违背物理常识的噪点数据。	融合专家知识库与机理规则，对数据的物理含义进行精确语义标注。	/

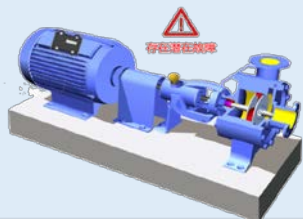
2.4 设备单元级（L1）模型、算力部署、智能体应用策略

中国工业互联网研究院
China Academy of Industrial Internet

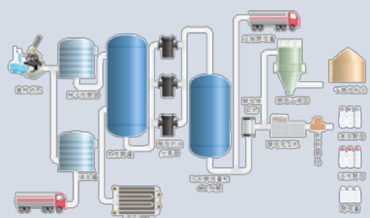
- **轻量化小模型**为主，训练/推理算力需求在1TFLOPS/1TOPS以下，主要采取**终端/边缘侧**部署方式；
- **设备层智能体**主要满足单体物理设备的自主实时监控、快速响应，实现与工控软件的高效通信。

工业智能体应用

故障诊断



工艺优化



寿命预测



模型规模

模型类型

模型特点

算力需求

部署方式

小模型

以机器学习模型为主

低延迟、小体积、可解释性

训练<1TFLOPS
推理<1TOPS

终端/边缘侧

小模型

以深度学习模型为主

低延时、高精度、高鲁棒性

训练<1TFLOPS
推理<1TOPS

边缘侧

小模型

以机器学习模型为主

长序列依赖、可解释性好、低频次推理

训练<1TFLOPS
推理<1TOPS

终端/边缘侧

2.5 设备单元级（L1）典型应用案例

设备管理智能体：设备全生命周期管理

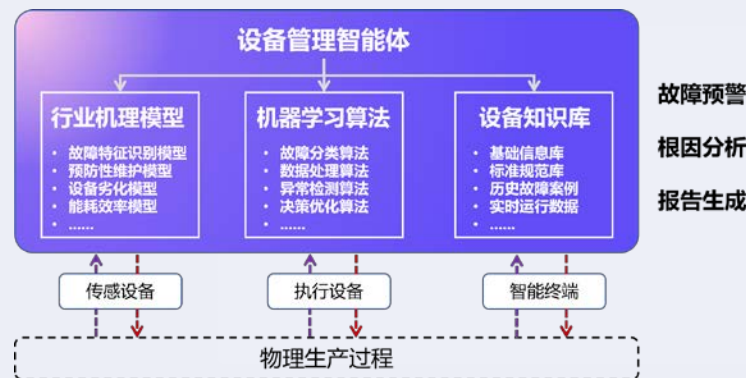
背景：企业设备维护模式低效，“事后维修”成本高且响应慢，“定期保养”则存在过度维护和资源浪费。

主要实施路径

数据类型

- **设备数据：**设备基本信息，运行工况和健康状态信息，环境信息等数据。
- **状态数据：**刀具磨破损、机床热变形、切削负荷、振动变形等状态数据。

技术路线



设备管理智能体

- **设备预测性维护：**基于机器学习模型，识别故障特征模式。自动触发预防性工单，优化备件与人力调度。
- **设备故障诊断：**平台内置的4700+行业机理模型与200+专家算法库。结合物理机理模型深度推理，实现故障定位与根因分析，并生成评估报告。
- **智能体可与设备终端进行实时通信、与其他层级智能体进行协同交互。**

算力、模型与部署

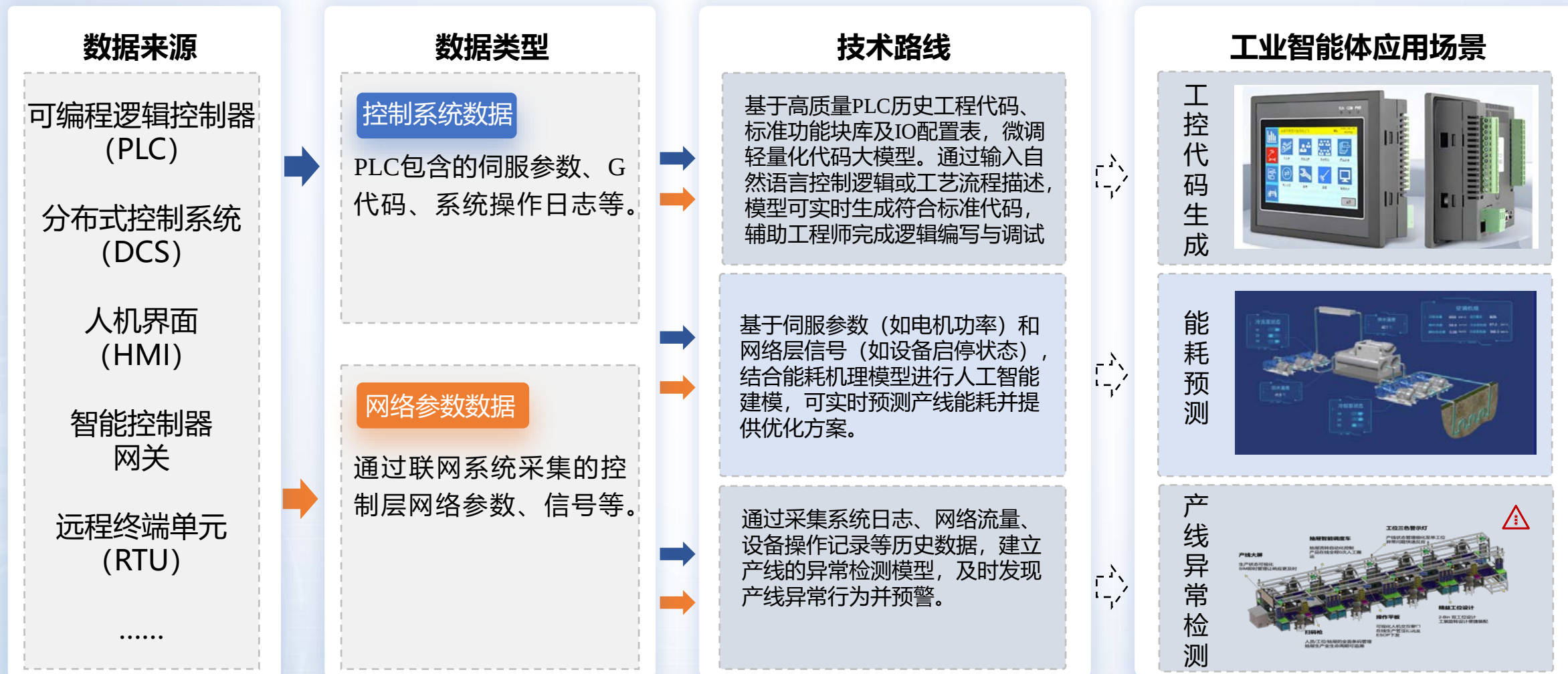
- **算力：**
训练<1TFLOPS
推理<1TOPS
- **模型：**小模型为主
- **部署：**终端

应用成效：

合肥某制冷工厂案例中，使用设备管理智能体后，可自主识别设备故障，并自动进行根因分析，生成故障评估报告，**设备平均维修时间由120分钟，降为40分钟，效率提升300%。**

2.6 产线级与车间级（L2-L3）实施路径

- 主要结合工控系统的**控制数据**、**网络参数数据**，通过深度学习、机器学习构建小模型或基于监督学习微调大模型，打造应用于**产线异常检测**、**能耗预测**等典型场景的产线/车间级智能体。



2.7 产线级与车间级（L2-L3）数据勘察思路

➤ 产线级与车间级（L2-L3）的数据数据具有**实时性强、数据体量大、数据质量低、多源异构、关联度高等特点。**

数据类型	主要特点	举例
控制系统数据 PLC包含的伺服参数、G代码、系统操作日志等。	实时性强：数据产生与传输速度快，需快速响应	汽车总装线上的AGV小车需实时接收中央调度系统的指令， 毫秒级调整路径 以配合流水线节拍。
	数据体量大：单条产线每秒可产生数千条数据点，车间层数据量呈指数级增长	半导体晶圆制造产线，数百台设备每秒生成数千个工艺参数点， 全天数据量达到TB级别 。
	数据质量低：设备通信与网络产生的噪声与异常值较多	复杂车间电磁环境 导致传输信号经常出现 丢包或噪声干扰 ，使得原始数据中包含大量无效或错误数值。
网络参数数据 通过联网系统采集的控制层网络参数、信号等。	多源异构：数据来源多样，格式复杂、通信协议多样	产线数据汇集来自 西门子PLC的控制指令、发那科机器人的运动轨迹以及海康威视相机的质检图片 ，协议与格式极不统一。
	关联度高：数据间存在时空关联，如设备A的伺服数据可能影响设备B的相关参数	锂电池涂布工序的 烘箱温度波动会直接影响后续辊压工序的极片厚度一致性 ，两者数据存在时空关联。

2.8 产线级与车间级（L2-L3）高质量数据集建设思路

CII+

中国工业互联网研究院
China Academy of Industrial Internet

➤ 可采取**分布式高并发采集、全链路数据质量清洗、湖仓一体化管理**等策略。

数据特点	数据采集策略	数据预处理策略	数据标注策略	数据存储与管理策略
实时性强	搭建工业级光纤环网与5G专网，保障高带宽、低延迟并发传输。	部署实时流处理引擎，对传输中的数据流进行即时校验。	/	采用分布式消息队列缓冲实时数据流，确保写入速度匹配采集速度。
数据体量大	采用分布式采集架构，利用多个边缘节点分担采集压力，避免单点瓶颈。	使用数据压缩与降维，缩减数据体积。	批量自动化打标，减少人工处理单一数据的压力。	构建大数据集群，利用分布式文件系统存储海量历史数据。
数据质量低	采集端增加硬件滤波与抗干扰屏蔽措施，从源头提升信号纯净度。	使用数据清洗算法，自动识别并修复丢包、漂移、离群点等常见质量问题。	设置数据质量评分标签，标注数据的置信度，供模型训练时筛选高质量样本。	建立数据质量反馈闭环，记录清洗日志，在存储中保留原始数据与清洗后数据的版本映射。
多源异构	部署协议转换网关，将异构协议统一转换为通用格式。	建立统一的数据字典与命名空间，消除不同设备厂商对同一物理量的命名差异。	对不同来源数据语义对齐标注，明确数据字段在产线业务中的具体含义。	采用多模态数据库或湖仓一体架构，统一管理结构化时序数据与非结构化图像/视频数据。
关联度高	实施全产线时钟同步，确保上下游设备的数据在同一时间基准下被采集。	构建数据时空关联，将不同工序的数据按产品序列号或批次号进行拼接关联。	/	建立基于图数据库的存储方案，显性存储设备间、工序间的数据关联拓扑。

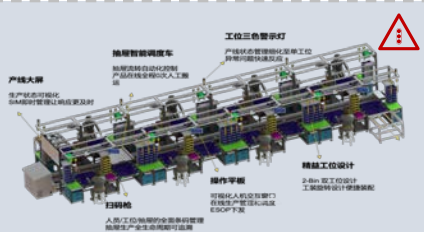
2.9 产线级与车间级（L2-L3）模型、算力部署基本策略

CAII+

中国工业互联网研究院

China Academy of Industrial Internet

- 小模型为主(部分基于大模型)，小模型训练/推理算力需求在10TFLOPS/5TOPS以下，主要采取边缘侧部署方式；
- 产线级或车间级智能体需理解设备终端拓扑结构、具备自主产线监控及工控代码交付等能力，确保产线整体的高效与稳定。

工业智能体应用场景	模型规模	模型类型	模型特点	算力需求	部署方式
工控代码生成 	大模型	以深度学习模型为主	实时性高、准确性高、体积相对较小（1B-30B）	训练： 10-2000TFLOPS 推理： 100-800 TOPS	端侧/云端协同
能耗预测 	小模型	以机器学习模型为主	低延迟、低数据依赖、可解释性好、体积小	训练： 1-10TFLOPS 推理： 1-5TOPS	边缘侧
产线异常检测 	小模型	以深度学习模型为主	低数据依赖、低延迟、体积小	训练： 1-10TFLOPS 推理： 1-5TOPS	边缘侧

2.10 产线级与车间级（L2-L3）典型应用案例

工业PLC代码智能体：工业PLC编程

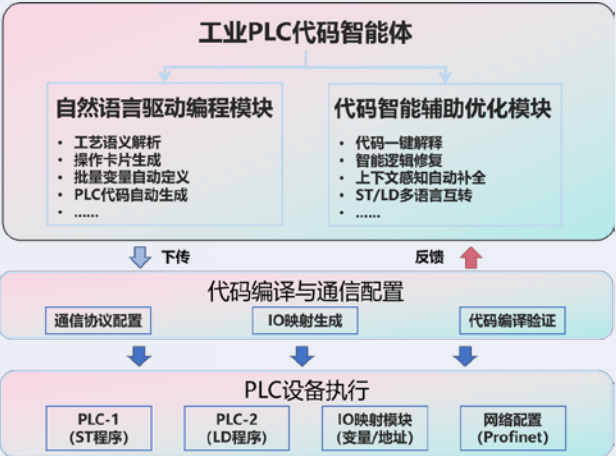
背景：传统PLC开发专业壁垒高，代码撰写与调试周期长，无法快速响应个性化的工业生产作业任务。

主要实施路径

数据类型

- **控制系统数据：**PLC程序代码（ST结构化文本、LD梯形图）、变量声明表、程序单元（PU）；
- **网络参数数据：**Profinet/EtherCAT主从站硬件配置信息、IO映射表、设备IP地址、多PLC通信协议配置及任务周期设置。

技术路线



工业PLC代码智能体

- **自然语言驱动编程：**基于轻量化代码大模型，精准理解自然语言工艺描述。支持批量变量自动定义并直接生成可应用的操作卡片写入程序。
- **代码智能辅助与优化：**融合抽象语法树分析技术与大模型推理能力，提供代码一键解释、上下文感知的自动补全、智能逻辑修复及ST/LD多语言互转功能。

算力、模型与部署

- **算力：**训练<10TFLOPS
推理<5TOPS
- **模型：**大模型
- **部署：**云端协同

应用成效：

在大型项目配置中，替代人工手动配置，极大节省时间并降低出错概率；
通过**批量变量定义与代码自动生成功能**加速开发速率，帮助软件开发人员高效生成并交付PLC代码。

2.11 企业级（L5）实施路径

- 主要结合企业经营管理系统的**技术数据、成本数据、财务数据及供应链数据等**，通过**大小模型协同**方法，打造应用于**智能排产、订单预测、供应链优化、财务管理等典型场景的企业级智能体**。



2.11 企业级（L5）实施路径

- 主要结合企业经营管理系统的**技术数据、成本数据、财务数据及供应链数据等**，通过**大小模型协同**方法，打造应用于**智能排产、订单预测、供应链优化、财务管理等**典型场景的企业级智能体。

数据类型

人力资源数据

财务数据

采购销售数据

成本数据

供应链数据

调度数据

生产计划数据

企业质量数据

售后服务数据

技术路线

打通ERP订单、成本与CRM客户价格、需求信号，经大模型统一编码为时序-图混合表征，实时预测原料价、销量与折扣，输出订单级动态利润，指导接单与定价。

综合SCM采购、库存与TMS运输轨迹、运价等数据，利用多模态大模型生成供应链知识图谱，预测需求与风险，强化学习在模拟环境中重排采购-库存-运输方案，动态最小化总成本。

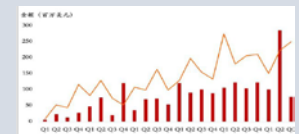
利用财务数据、ERP数据等结合专用模型生成企业财务图谱，利用大模型预测现金流、利率及异常交易概率，自动推演最优付款、融资、预算调配策略。

企业级数据（BOM、工艺、订单、物流、能耗）→大模型构建碳图谱→GNN+RL秒级寻优低碳设计/采购/工艺→实时回写PLM闭环。

将人力资源数据接入大模型，构建人-技能-任务知识图谱；将知识图谱嵌入大模型驱动的HR智能体，推荐最优人选并预测ROI，并将结果反馈更新智能体。

工业智能体应用场景

经营
利润预测



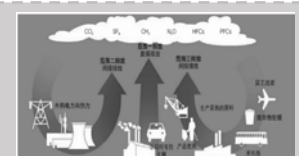
采购
协同调度



智能
财务管理



产品
碳排优化



人员技能
任务匹配



2.12 企业级（L5）数据勘察思路

➤ 数据具有**强战略导向、强业务规则驱动、高安全合规要求、全域覆盖价值链**等特点。

数据类型	数据主要特点	举例
人力资源数据	强业务规则驱动 ：数据严格遵循财务准则、人力资源政策、销售合同条款等企业规章制度，对准确性和一致性要求高。	财务部门在核算生产成本时，必须 严格遵循会计准则 ，将 人工、材料、折旧 等数据按既定公式准确分摊。
财务数据		
采购销售数据	强战略导向 ：数据多为跨部门、跨周期的汇总统计结果，服务于企业高层战略决策。	企业战略发展部门经过多层汇总计算得出的“市场占有率”或“季度同比利润”， 直接服务于公司领导进行战略决策 。
成本数据		
供应链数据	全域覆盖价值链 ：数据贯穿从供应商、生产、客户的整个价值链，涉及企业内外部多个协作方。	供应链管理系统的数据不仅包含内部库存信息，还 涵盖了上游供应商的供货周期和下游客户的销售预测 ，贯穿整个价值链。
调度数据		
生产计划数据	高安全合规要求 ：包含大量财务、人力、客户隐私等敏感信息，必须满足相关安全和法律法规要求。	人力资源管理系统的数据包含员工身份证号与薪资，客户数据包含联系方式与交易习惯， 必须严格满足GDPR或数据安全法的合规要求 。
企业质量数据		
售后服务数据		

➤ 可采用**全域数据整合、合规嵌入治理、安全防护管控和与战略适配的决策分析**等策略。

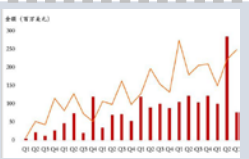
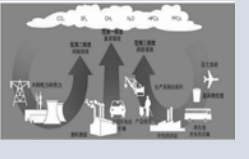
数据特点	数据采集策略	数据预处理策略	数据标注策略	数据存储管理策略
强业务规则驱动	通过API接口对接ERP、CRM、HRM等核心业务系统，确保源头数据的权威性与准确性。	实施严格的数据清洗与校验规则，确保数据完全符合财务、税务等业务规范与逻辑约束。	依据企业标准代码体系（如科目代码、物料编码），对数据进行标准化的业务属性分类标注。	建立主数据管理（MDM）系统，确保存储的业务关键数据在全企业范围内保持一致性与唯一性。
强战略导向	针对关键绩效指标（KPI）设计专项采集链路，确保决策所需的核心指标数据不缺失、不延迟。	构建多维数据模型（OLAP cube），对原子数据进行预聚合与汇总计算，形成宏观指标。	标注数据的战略权重与决策相关性，区分核心决策数据与辅助参考数据。	搭建商业智能（BI）专用的数据集市，优化聚合查询性能，支持高层管理者的即席分析。
全域覆盖价值链	建立供应链协同平台（SRM/CRM），采集延伸至供应商与客户端的外部价值链数据。	进行跨域数据融合，统一内外部数据的编码标准（如统一SKU映射），消除信息孤岛。	对价值链各环节的数据进行阶段性标注，理清价值流向。	构建企业级数据中台，打破部门隔阂，实现全域数据的集中存储与资产化服务。
高安全合规要求	在采集传输过程中全程采用SSL/TLS加密，防止敏感数据在传输链路中遭到窃取。	实施敏感数据自动识别与脱敏处理（如掩码、哈希等），确保开发与分析环境不接触明文隐私。	标注数据的安全分级（如绝密、机密、公开等）与访问权限标签，控制数据可见范围。	部署具备行级/列级权限控制与审计功能的数据库，严格记录数据访问日志，确保合规可追溯。

2.14 企业级（L5）模型、算力部署、智能体应用策略

C A I I⁺

中国工业互联网研究院
China Academy of Industrial Internet

- 主要以**大模型+小模型**结合开展应用赋能，训练/推理算力需求在1PFLOPS/5000TOPS以上，主流采取**云端/云边协同**的部署方式；
- **企业级智能体**主要实现多目标自主协同优化，应用于企业战略决策制定、经营管理等复杂任务。

工业智能体应用场景	模型规模	模型类型	模型特点	算力需求	部署方式
经营 利润预测 	大模型+小模型	多模态深度学习模型	非结构化数据分析处理	训练：>1PFLOPS 推理：>5000TOPS	云端
采购 协同调度 	大模型+小模型	深度学习模型 (强化学习模型)	准确性高、鲁棒性高、低延时	训练：>1PFLOPS 推理：>5000TOPS	云边协同
智能 财务管理 	大模型+小模型	深度学习模型 (强化学习模型)	实时性、准确度高、鲁棒性高、多任务协同	训练：>1PFLOPS 推理：>5000TOPS	云端
产品 碳排优化 	大模型+小模型	深度学习模型、机理模型	实时性、准确度高、多任务协同	训练：>1PFLOPS 推理：>5000TOPS	云边协同
人员技能 任务匹配 	大模型	多模态深度学习模型	非结构化数据分析处理	训练：>1PFLOPS 推理：>5000TOPS	云端

2.15 企业级（L5）应用典型案例

经营管理智能体：企业业务管理优化

背景：传统企业在经营管理中存在部门数据割裂、流程审批繁琐、决策依赖经验、资源配置失衡等问题。

主要实施路径

数据类型

- **财务数据：**企业营收、运营成本、实际利润等；
- **人力资源数据：**员工档案、部门考勤、年度绩效等；
- **供应链数据：**部门采购、企业库存、销售物流等；
- **营销数据：**客户信息、销售业绩、推广效果等；
- **知识库数据：**整合ERP、HRM、SCM等多系统数据，构建标准化经营管理知识库。

技术路线



多模块协同的经营管理智能体

- **财务方面：战略财务分析预测**
(例：整合历史数据与多维度业务影响因子，实现未来数据的战略测算)
- **税务方面：税务智能问答等**
(例：融合大模型和税收法规知识图谱，收集涉税数据，赋能企业决策)
- **监管方面：全方位运营监管等**
(例：预置监管模型，赋能国企实时高效识别问题，管控风险)
- **人力方面：智能面试助手等**
(例：调用人才库数据，赋能面试官，优化入职审查流程，节约人力成本)

算力、模型与部署

- **算力：**
训练>1PTFLOPS
推理>5000TOPS
- **模型：**一个大模型和多个小模型（预置监管模型、决策模型等）协同
- **部署：**云边协同

应用成效：

金蝶开发的智能经营管理智能体，帮助企业财务结算效率提升40%以上，人力配置合理性提升30%，供应链库存周转天数减少25%，服务超过一半的中国500强企业；提供全球财务、税务解决方案及本地化支撑。

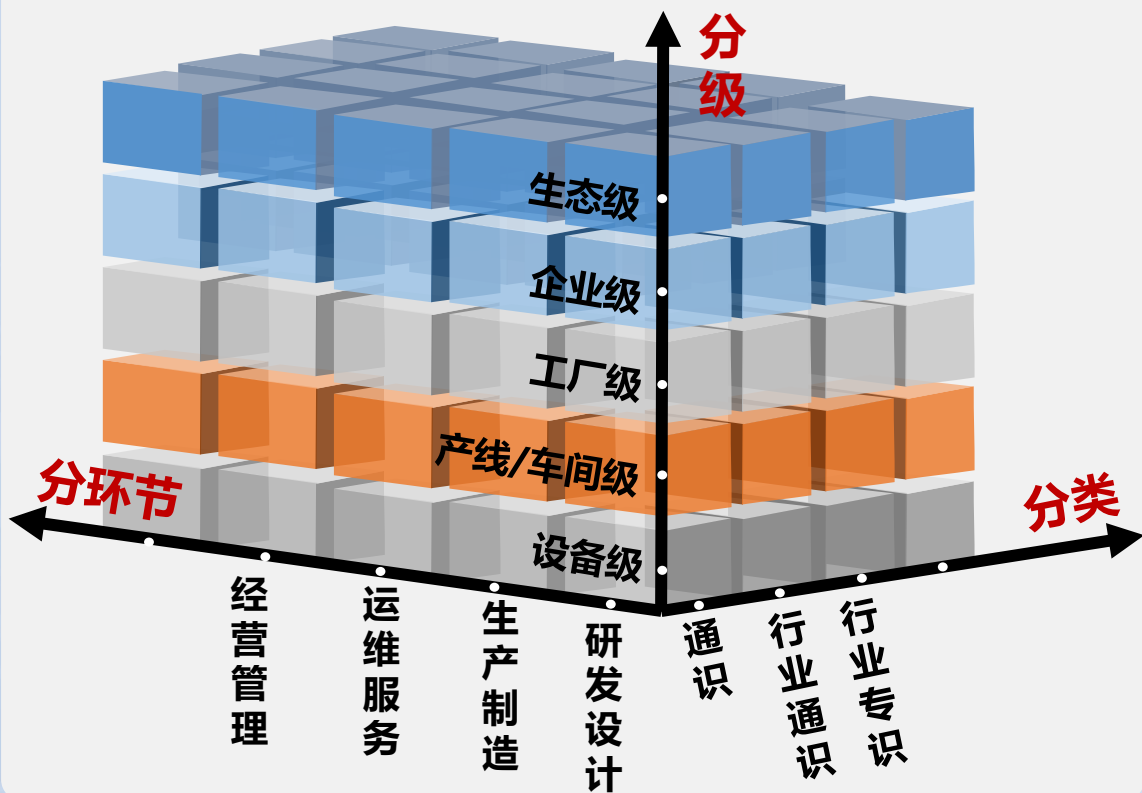
目 录

- 一、制造业数智化转型架构
- 二、人工智能赋能新型工业化实施路径
- 三、人工智能赋能新型工业化发展建议**

3.1 建设工业高质量数据集

- 推进形成“**分级-分类-分环节**”多维目录框架，实现工业高质量数据集精准归类。
- **建设智能数据基础设施**，依托可信数据空间打通数据集供给方、需求方及服务方协同链路，基于数据本体关系实现产业云、边缘云、企业云语义贯通，推动数据流通应用。

工业高质量数据集目录体系

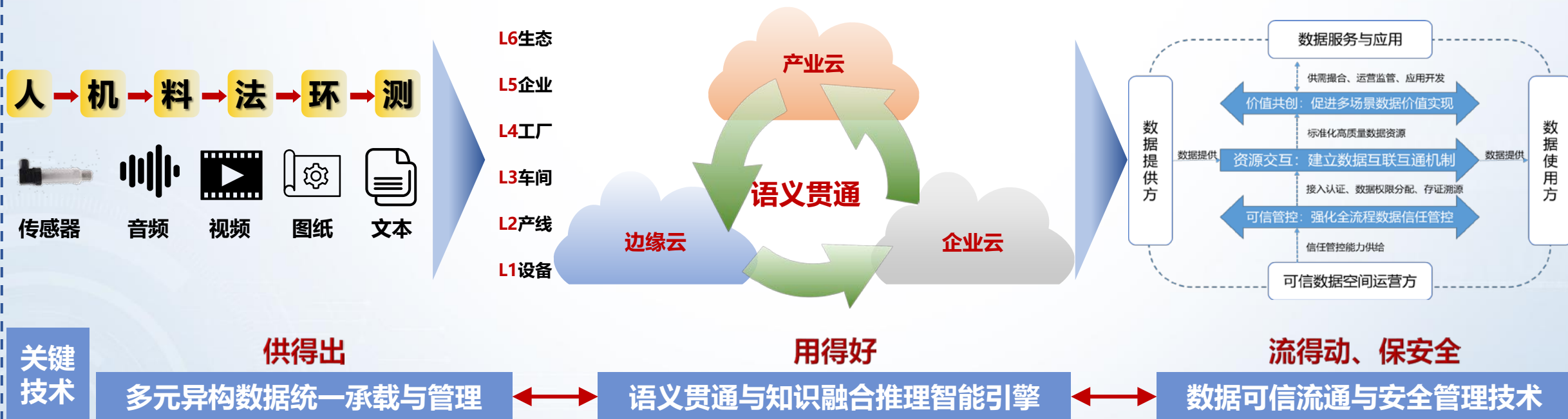


3.1 建设工业高质量数据集

- **打造本体模型驱动的高质量工业数据体系：**通过打造语义统一的数据与知识底座，消除不同系统间的语义模糊性，实现数据互联互通，推广高质量工业数据集构建。

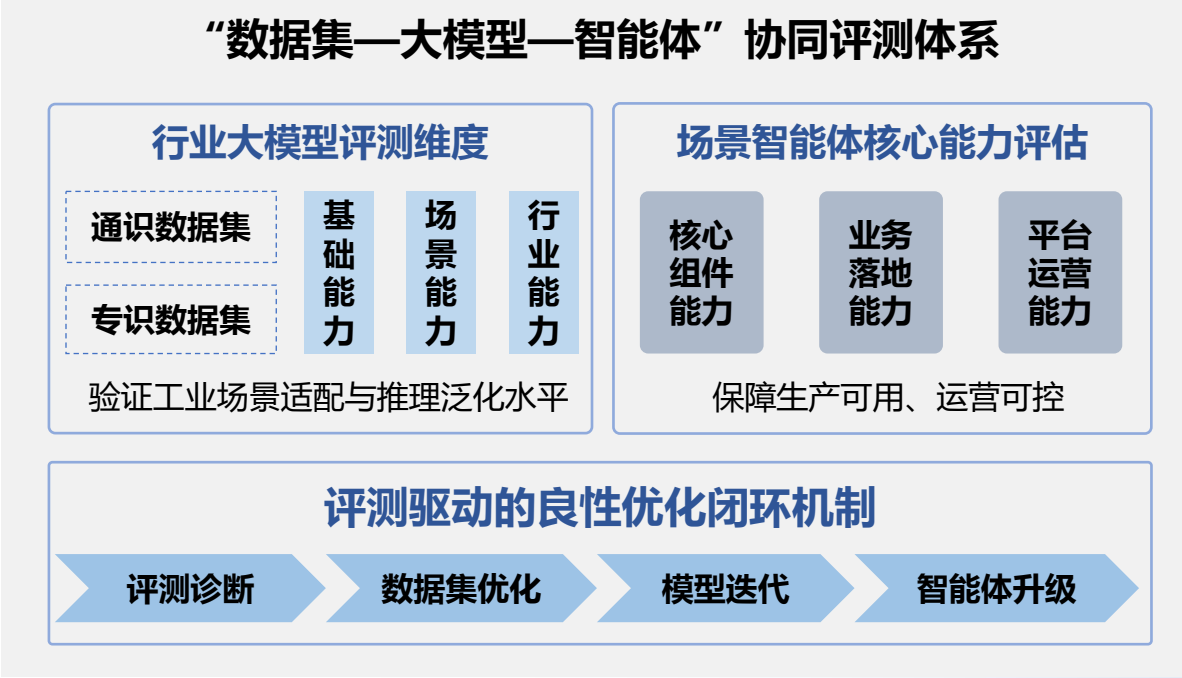
构建数据本体底座

- **打造语义统一的数据与知识底座：**消除不同系统间的语义模糊性，实现数据互联互通
- **知识图谱融合推理：**数据被**实例化**为本体中的个体，动态填充**知识图谱**；利用内置的规则自动推导出隐含的事实和关系



3.2 打造工业智能体应用评测体系

➤ 分行业、分层级梳理大模型工业应用场景，建立面向细分行业的工业智能体场景应用评测体系。



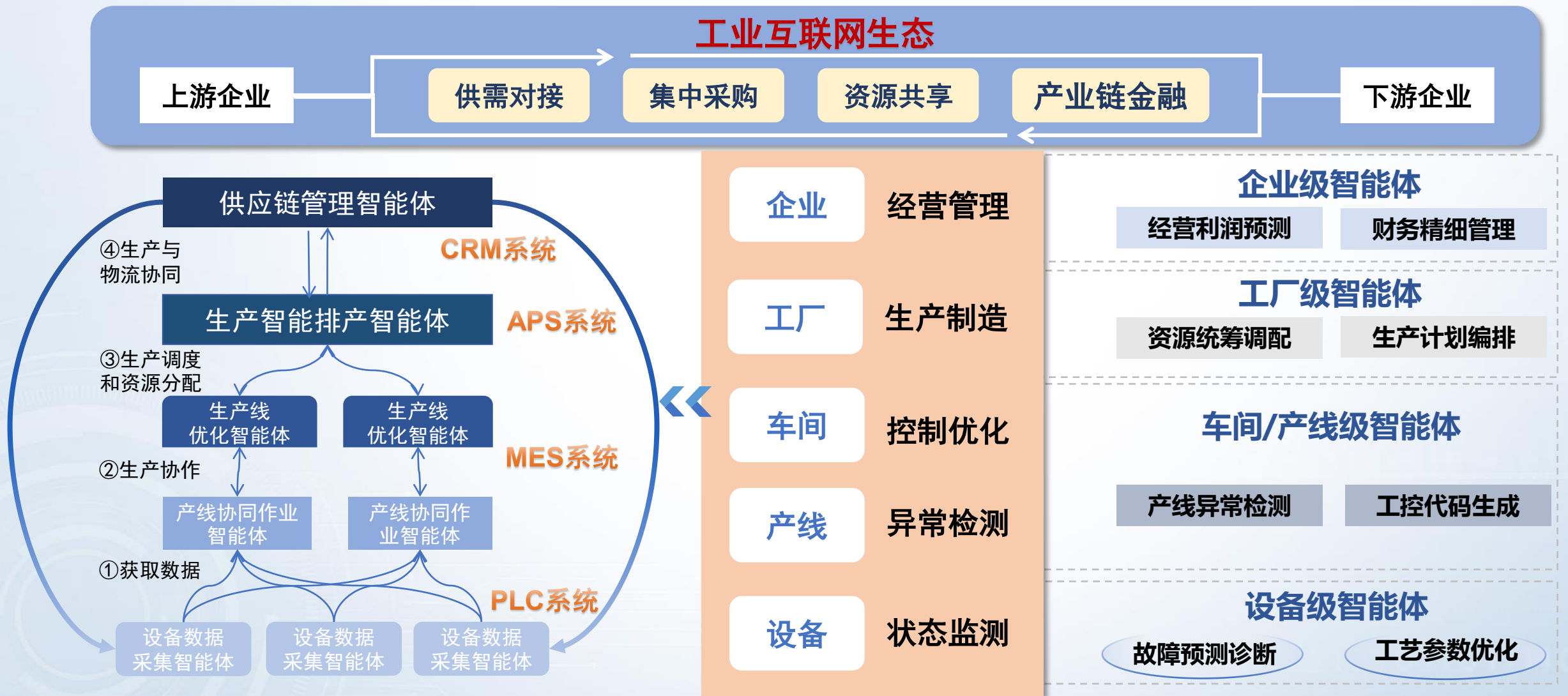
3.2 打造工业智能体应用评测体系

➤ 对工业智能体的决策边界、伦理规范与安全性进行极限测试与认证，从制度层面消除企业“不敢用、不敢管”的顾虑。

测评基准数据集		测评标准体系			测评维度		
工业感知基准集 核心覆盖内容：像素级缺陷检测、多模态设备感知、图纸/仪表语义解析，覆盖离散 + 流程制造主流行业真实样本 对应模型：视觉小模型、多模态大模型 具身决策基准集 核心覆盖内容：工业机器人具身操作（视觉 - 动作闭环数据，含仿真 + 真实双赛道）、柔性产线动态调度、高危场景应急处置样本 对应模型：具身智能 / VLA / 世界模型 系统协同基准集 核心覆盖内容：多智能体产线协同作业数据、IT/OT 全链路融合（MES/SCADA/PLC 数据闭环）样本 对应模型：端边云协同多智能体 时序预测基准集 核心覆盖内容：设备全生命周期运行时序、生产工艺 / 能耗时序、供应链需求时序，覆盖全工况、全劣化周期场景 对应模型：时序预测模型		典型场景与行业标准	按业务场景划分： 《工业智能体场景应用评测：生成式研发设计与工艺优化》 《工业智能体场景应用评测：自适应排产与柔性生产调度》 按细分行业划分： 《重点行业工业智能体应用与评测规范：电子信息制造》 《重点行业工业智能体应用与评测规范：汽车及零部件制造》		安全可信与治理标准	基础交互能力 评估重点：自主规划、多步推理、工具调用与环境交互 关键评测指标：意图理解准确率、任务拆解成功率、工具调用正确率 场景业务效能 评估重点：研发设计、生产制造、运营管理等关键场景表现 关键评测指标：方案采纳比率、综合优化效率、故障预测准确率、漏报与误报率 安全与可信约束 评估重点：决策安全护栏、数据隐私、机制合规与知识完整性 关键评测指标：工业幻觉率、安全缺陷率、越权拦截率、系统抗压阈值	
		关键技术支撑标准	《工业智能体关键技术规范：大模型与工业机理模型融合》 《工业智能体关键技术规范：多智能体（Multi-Agent）协同与通信协议》 《工业智能体关键技术规范：长时记忆（Memory）机制与知识演进》				
		数据基准与平台标准	《工业智能体评测：高质量基准数据集构建与管理规范》 《工业智能体评测：自动化测试沙箱与仿真环境技术要求》 《工业智能体训练与评测：多维度工业知识图谱接入标准》				
		核心评测与方法标准	《工业智能体评测体系与通用评估方法》 《工业智能体能力评测规范：意图理解与多步复杂任务规划》 《工业智能体能力评测规范：工具调用（Tool-use）与API控制精度》 《工业智能体性能评测规范：边缘端部署与低算力适配要求》 《工业智能体交互评测规范：多模态感知与人机协同作业》		《工业智能体安全评测规范：内生安全与防“工业幻觉”要求》 《工业智能体治理规范：控制权接管边界与数据隐私保护》		
		基础共性标准	《工业智能体 第1部分：参考架构与核心要素》 《工业智能体 第2部分：术语与分类规范》 《工业智能体 第3部分：能力成熟度模型与分级评价》				
工业智能体能力分级标准							
		V1 辅助智能	V2 协同智能	V3 自主智能	V4 全域智能	V5 进化智能	

3.3 打造工业互联网+智能体新范式

➤ 打造**新型“T”形架构**，以横向的工业互联网生态平台为依托，以纵向贯通各层级的智能体为支柱，共同推动工业互联网赋能制造业智能化转型升级。



做让人尊重的奋斗者

心怀大局 创新笃行 专业精微 团结清廉

