



# 制造业智能化与高质量制造

**林忠钦**

**上海交通大学 校长； 中国工程院院士**

**2019年9月18日**



# 报告提纲

---

- 2 -

## 一、制造业智能化：内涵与趋势

1. 中国制造的成就、目标、瓶颈

2. 制造业智能化的内涵

3. 制造业智能化的发展趋势

## 二、上海交通大学临港智能制造基地

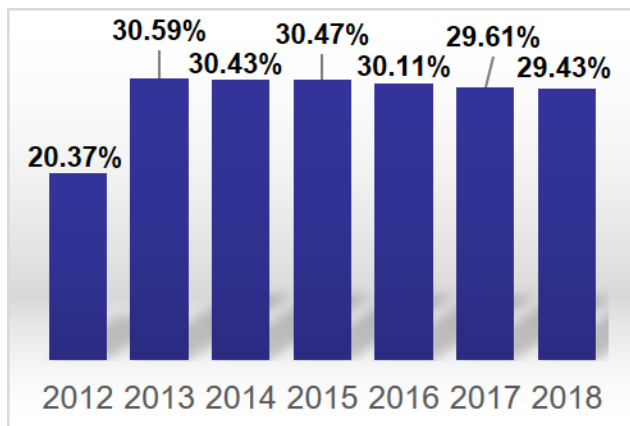
# 1. 中国制造的成就、目标、瓶颈

- 3 -

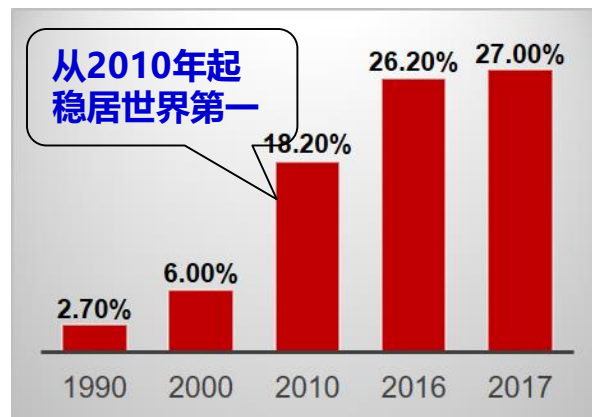
## 1) 中国制造改变世界

**中国奇迹：**

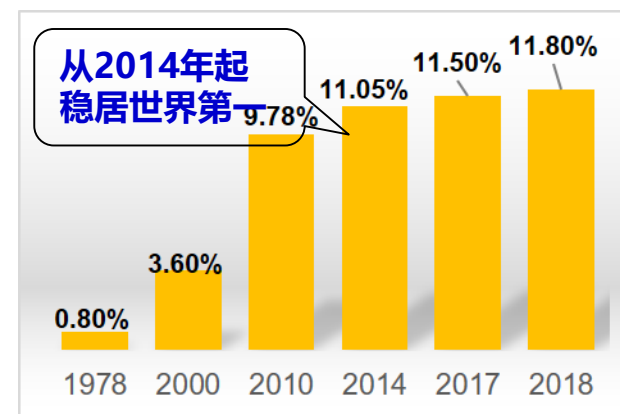
制造业占我国GDP比例



中国制造业占全球份额  
(世界第一制造大国)



中国进出口占全球份额  
(世界第一贸易大国)



**标志性成果：**



大型盾构机



深海钻井平台



蛟龙号深潜器



C919大型客机



辽宁号航母



长征五号运载火箭



和谐号高速列车

# 1. 中国制造的成就、目标、瓶颈

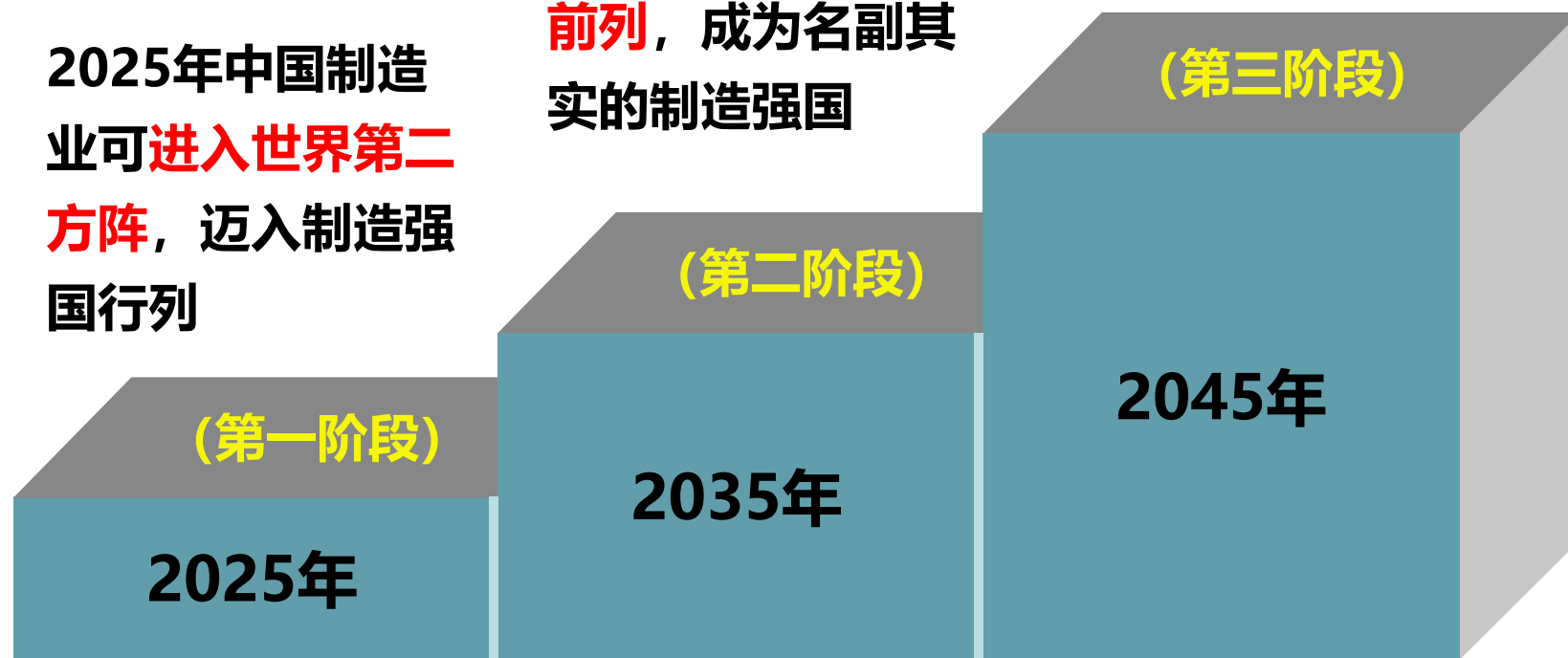
- 4 -

## 2) 中国制造强国战略目标

2045年中国制造业可望**进入第一方阵**，成为具有全球引领影响力的制造强国

2035年中国制造业将**位居第二方阵前列**，成为名副其实的制造强国

2025年中国制造业可**进入世界第二方阵**，迈入制造强国行列



- **第一方阵：**  
**美国**
- **第二方阵：**  
**德国、日本**
- **第三方阵：**  
**中国、英国**  
**法国、韩国**

# 1. 中国制造的成就、目标、瓶颈

- 5 -

## 3) 中国制造的困境和瓶颈

### 高端产品

- 利润高、门槛高，做不出、做不好、质量不稳定，**进口卡脖子！**
- 融资成本高、产业风险大、企业不敢涉入；
- 高端人才缺。

### 低端产品

- 利润低、门槛低，产品积压、价格战、市场混乱、企业良莠不齐；
- 污染大、能耗高、资源消耗大；**关、停、并、转的命运；**
- 用工成本高（中国制造成本优势不再）。

**高端产品做不出；低端产品积压卖不掉；  
缺乏高质量的制造是中国制造目前面临的瓶颈！**



# 1. 中国制造的成就、目标、瓶颈

- 6 -

## 3) 中国制造的困境和瓶颈(中国制造不再具备成本优势)

### 各国生产成本指数

(2004、2014、2016、2018)

	2004	2014	2016	2018
美国	100	100	100	100
中国	86	96	96	93
中国长三角地区	87	98	98	95
日本	108	115	105	104
德国	118	129	118	118

引用来源: Boston Consulting Group

EXHIBIT 3 | China's Manufacturing Sector Has Regained Its Global Cost Competitiveness

Manufacturing-cost index (US = 100)



Sources: US Economic Census; Bureau of Labor Statistics; Bureau of Economic Analysis; International Labour Organization; Euromonitor; Economist Intelligence Unit; Oxford Economics; NDRC Price Monitoring Center; Enerdata; Eurostat; BCG analysis.

Note: Index covers four direct costs only. No difference assumed in "other" costs, such as raw-material inputs and machine and tool depreciation; cost structure calculated as weighted average across all industries.

<sup>1</sup>Includes only southern US states.

<sup>2</sup>Labor costs adjusted for productivity.

中国制造业必须通过智能化，发展高端产品，降低生产成本。

## 2. 制造业智能化的内涵

---

- 7 -

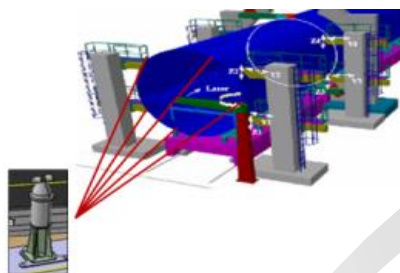
### 1) 智能制造的定义

- 智能制造是研究制造活动中的**信息感知与分析，知识表达与学习，智能决策与执行**的综合技术。
- 主要包括智能制造装备、智能制造系统、智能制造服务三个方面，其目标是提高**生产效率和制造质量**，降低制造成本。

## 2. 制造业智能化的内涵

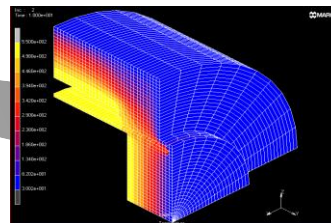
- 8 -

### 2) 智能制造系统组成



#### 传感检测

- ✓ 装备运行监控
- ✓ 制造质量检测



#### 工艺设计

- ✓ 工艺智能创成
- ✓ 工艺实时规划



#### 控制执行

- ✓ 装备自动控制
- ✓ 装备柔性操作

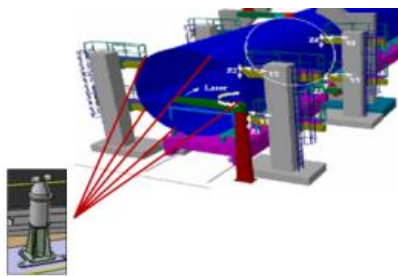
将传感器及智能决策软件与装备集成，实现感知、分析、推理、决策、控制功能，使工艺能适应制造环境变化。



## 2. 制造业智能化的内涵

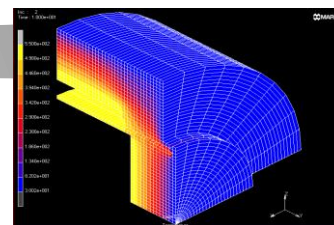
- 9 -

**3) 在线检测控制型智能制造：**通过制造过程的信息感知、分析与应用，建立装备在线控制系统，实现制造过程的智能控制。



### 传感检测

- ✓ 装备运行监控
- ✓ 制造质量检测



### 工艺设计

- ✓ 工艺智能创成
- ✓ 工艺实时规划



### 控制执行

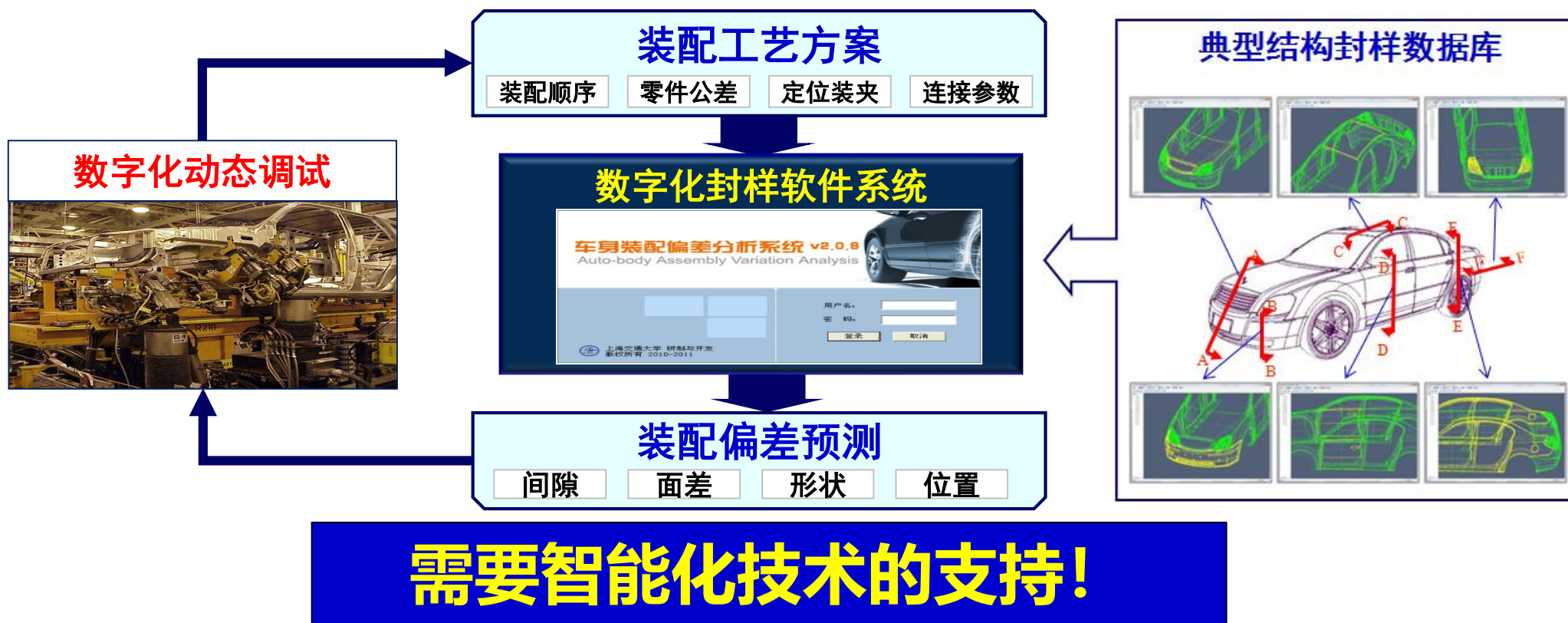
- ✓ 装备自动控制
- ✓ 装备柔性操作

## 2. 制造业智能化的内涵

- 10 -

**4) 知识进化型智能制造：**通过知识表达、累积和应用，建立进化的知识推理和决策系统，使复杂工艺模型和制造系统不断精化。

**案例一：**复杂工艺模型：车身数字化封样系统



## 2. 制造业智能化的内涵

- 11 -

**4) 知识进化型智能制造：**通过知识表达、累积和应用，建立进化的知识推理和决策系统，使复杂工艺模型和制造系统不断精化。

**案例二：**复杂制造系统：偏差源智能诊断与自适应装配系统



**需要智能化技术的支持！**



## 2. 制造业智能化的内涵

- 12 -

### 5) 制造业智能化途径：信息物理系统（CPS）

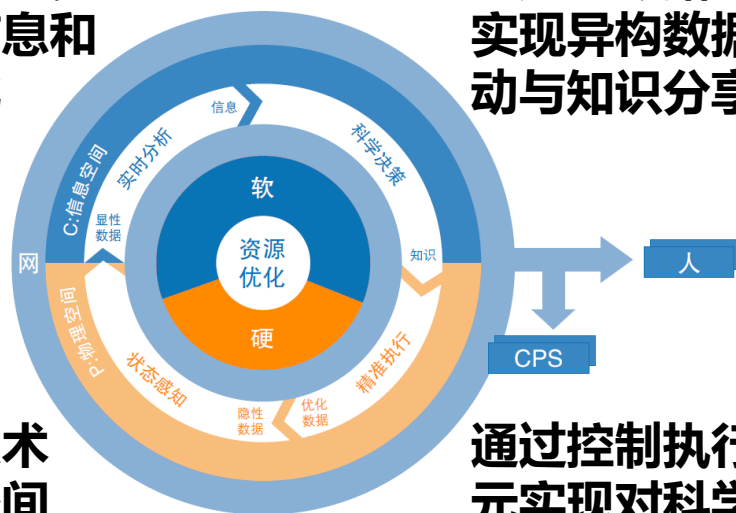
基于数据交互构建信息与物理空间闭环体系，解决制造过程复杂性和不确定性问题，为信息获取、知识转化、科学决策与精准执行提供平台基础。

通过工业软件实现数据、信息和知识的转化

通过大数据平台实现异构数据流动与知识分享

通过传感技术感知物理空间的运行状态

通过控制执行单元实现对科学决策的反馈响应



制造信息物理系统（CPS）架构

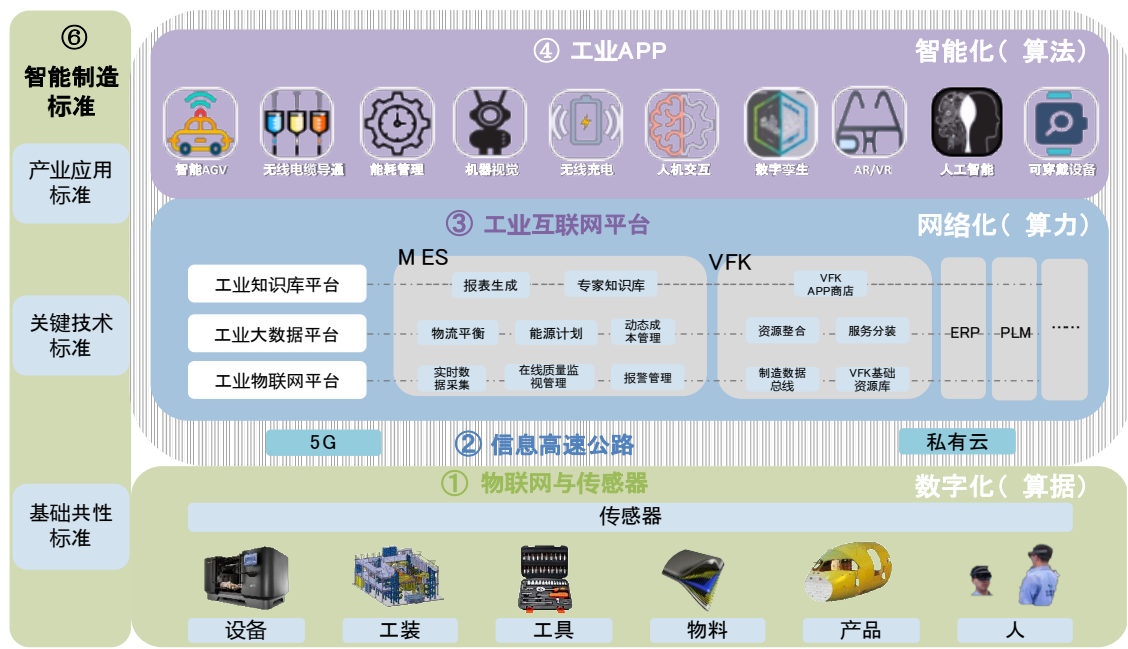


上海交通大学弗劳恩协会智能制造项目中心--CPS系统

# 2. 制造业智能化的内涵

## 5) 制造业智能化途径：5G通讯技术

利用5G技术构建信息高速公路，在设备/车间/企业多层次实现无线互联，实现制造数据高效聚合、传输与处理，为制造业智能化提供技术支撑。



基于5G通讯技术的制造业智能化总体框架



基于5G通讯网络的制造技术智能化变革



# 3. 制造业智能化的发展趋势

## 1) 智能化在不同制造行业中的作用

行业类型	特征	典型行业	发展瓶颈	制造业智能化作用
劳动密集型	低劳动力成本为核心竞争力	加工组装 (家电、电子产品...)	成本不断提高，工人 不稳定性影响品质	<b>减少人工</b> 降低人工造成的品质不稳定
资本密集型	固定成本占比高	材料 (冶金、化工...)	柔性化程度低 不能满足定制需求	实现 <b>低成本定制化</b> 生产
技术引领型	依靠技术进步获得 竞争力	高技术含量 (生物医药、航空航 天...)	技术研发的风险 不可控和长周期	提高技术研发成功率 <b>缩短研发周期</b>
市场变动型	产品生命周期短	快速消费品 (服装、食品...)	难以准确预测 市场走向	准确预测和 <b>快速响应市场</b>

# 3. 制造业智能化的发展趋势

- 15 -

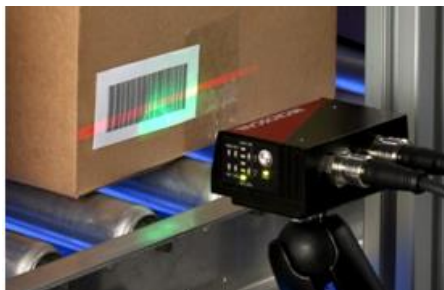
## 2) 制造业智能化：效率型融合与质量型融合

效率型融合



质量型融合

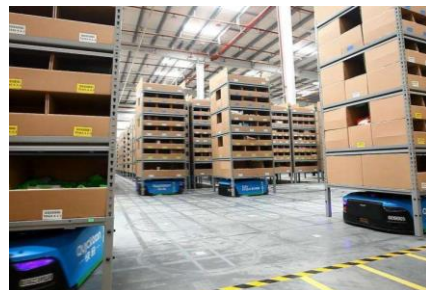
打标扫码：工艺读取



人脸识别：员工管理



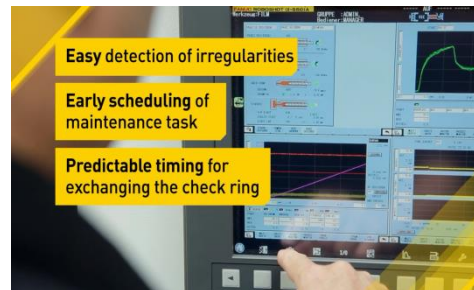
空间定位：物流仓储



流程优化：效率提升



时间序列：预测维护



人机协作：交互装配



视觉检测：质量精控



深度学习：规律获取



当前的状态是以提高效率为主的融合，尚未触及制造业“硬核”部分，  
需要面向提高质量开展深度融合。

### 3. 制造业智能化的发展趋势

- 16 -

实现质量型融合，必须推进制造业智能化深度发展

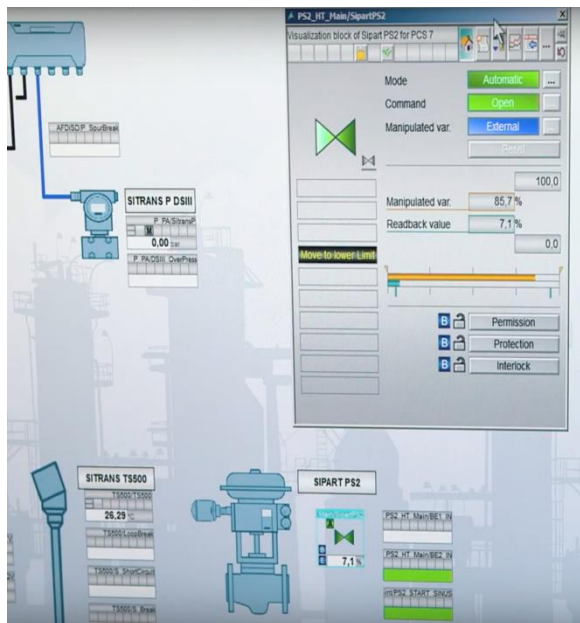
通过与智能化技术深度融合，提升产品制造质量，将极大地促进智能制造从概念走向落地，在制造业向智能化转型升级过程中起到决定性作用。

1 时间序列：预测维护

2 视觉检测：质量精控

3 人机协作：交互装配

4 深度学习：规律获取



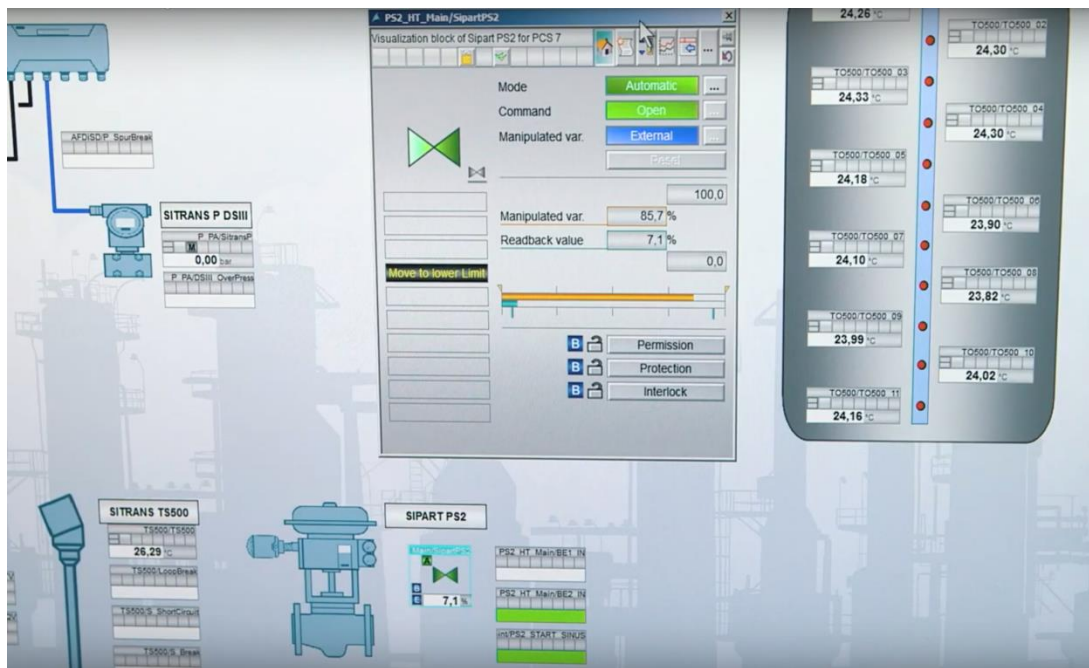


### 3. 制造业智能化的发展趋势

- 17 -

#### 时间序列：预测维护

通过制造系统运行过程中实时检测，结合智能化技术模拟人类专家智能，预测故障、缺陷、意外发生的可能性，提前弥补及减少较大质量波动



德国西门子公司将生产及操作数据进行持续收集和分析，预测设备和工厂组件所需维护的最佳时间。



上海交通大学团队利用物联网技术构建刀具全生命周期管控系统，实现加工过程刀具健康状态智能预测与控制。

### 3. 制造业智能化的发展趋势

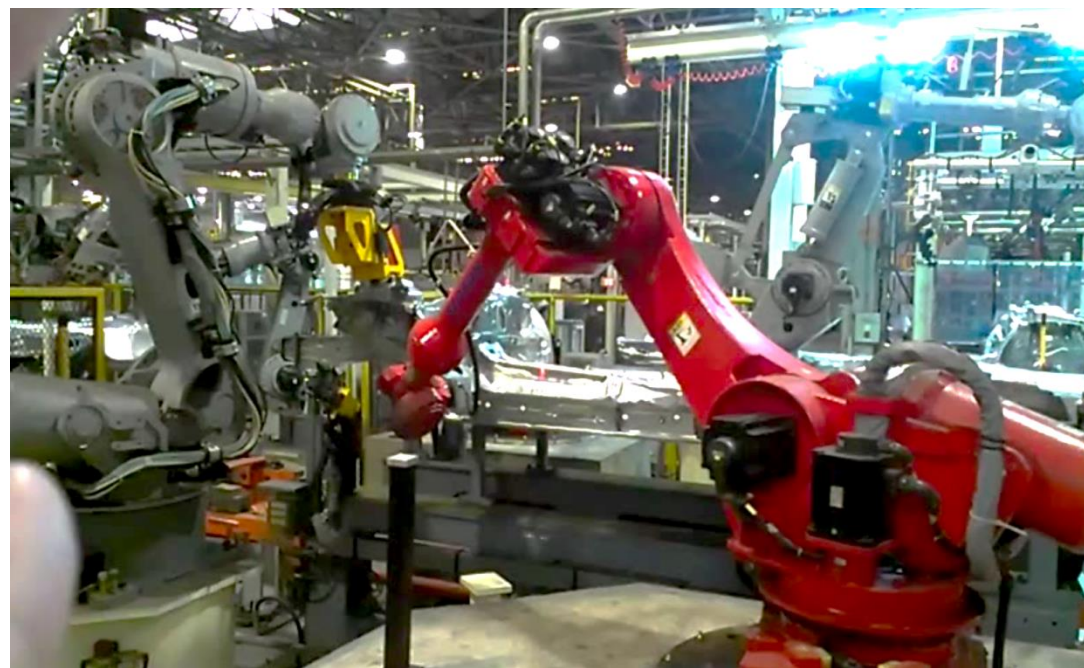
- 18 -

#### 视觉检测：质量精控

利用高分辨率相机和机器视觉技术进行智能检测，完成复杂产品的在位实时测量与诊断，精准辨识产品细节与缺陷，实现产品质量在线精控。



德国宝马公司将机器视觉与图像辨识引入车身制造，实现冲压成形工艺质量实时在线监测。



上海交通大学团队利用机器视觉与模式匹配算法，在柳州五菱汽车开展车身焊接质量实时在线评估。



### 3. 制造业智能化的发展趋势

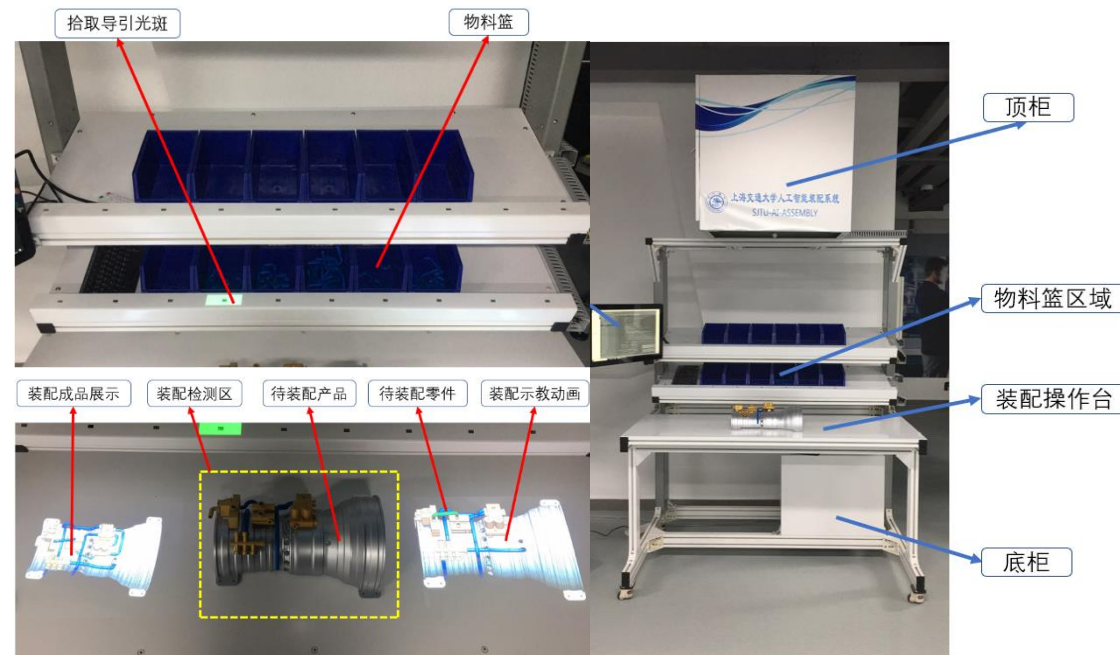
- 19 -

#### 人机协作：交互装配

基于人机协作系统，利用人工智能技术对装配工艺过程进行引导、评估与纠错，发挥工人与机器各自优势，协作完成复杂产品高效高质量装配。



德国费斯托公司利用生机电一体化技术实现操作工人与机器人协同作业，建立交互式装配系统。



上海交通大学团队针对高精密产品复杂装配工艺，研制人工智能辅助导引纠错的人机协作交互装配系统。

### 3. 制造业智能化的发展趋势

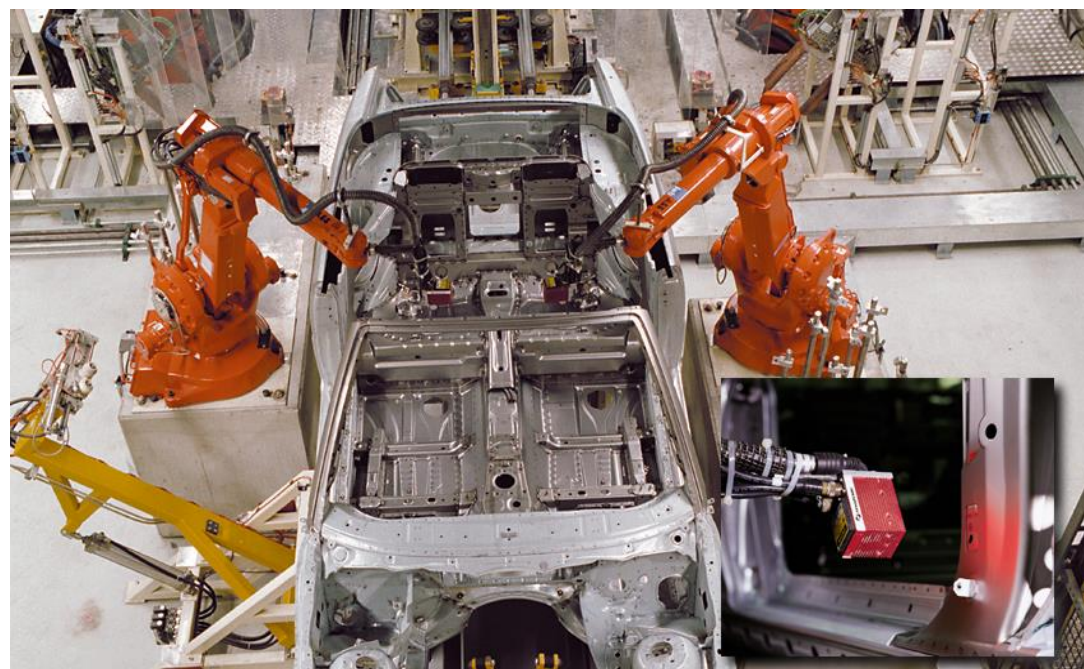
- 20 -

#### 深度学习：规律获取

通过对制造现场数据采集与分析，融合深度学习技术挖掘样本内在规律，完成缺陷诊断与工艺改进决策，实现产品制造质量持续稳步提升。



德国宝马公司对制造过程数据持续检测，利用深度学习挖掘样本规律，实现车身装配质量持续改进。



上海交通大学团队提出2mm/2um工程，通过现场数据采集、挖掘与溯源，不断提升汽车制造质量。



### 3. 制造业智能化的发展趋势

- 21 -

#### 5G通讯：智能物联

利用5G网络高通量、低时延、巨连接等优势，结合智能传感技术实现生产数据实时无线传输与处理，助推制造信息物理系统的智能化转型升级。



德国博世公司开办首家5G工厂，基于5G高通量、低延迟等特点，根据实时反馈数据预测潜在故障。

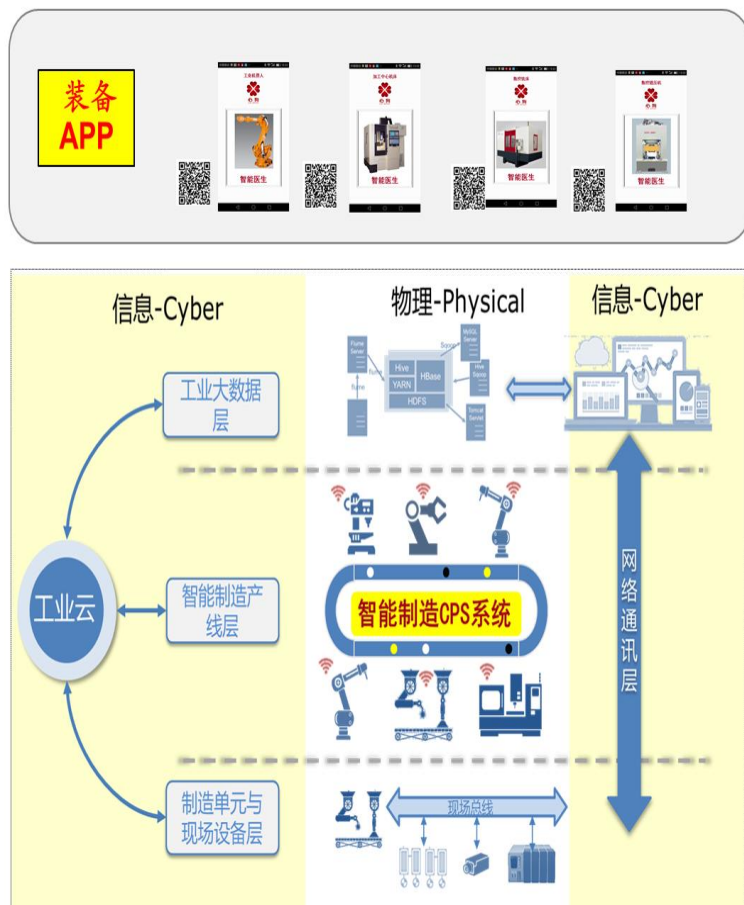
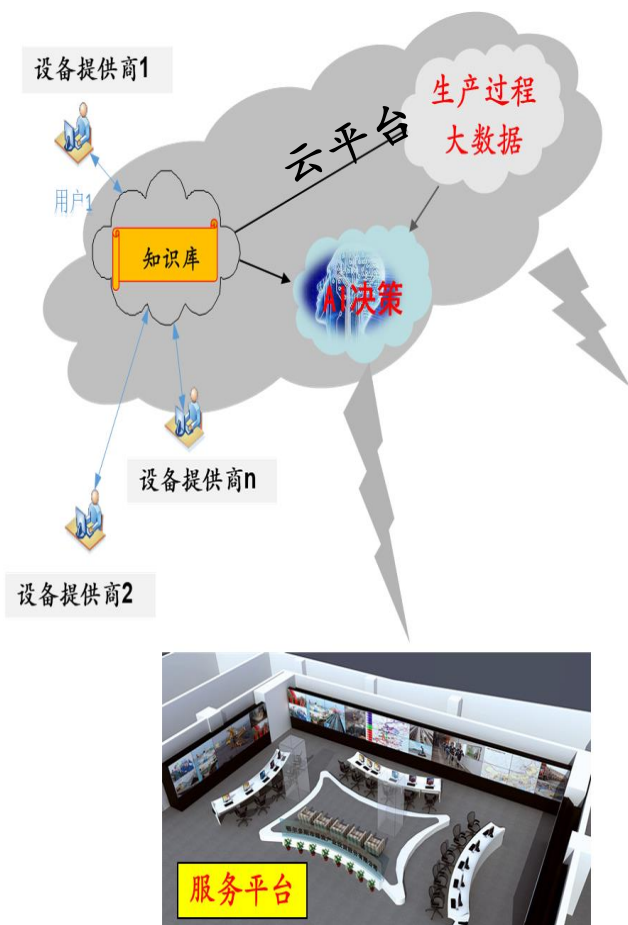


上海交通大学团队运用5G网络搭建智能生产线信息物理系统，实现设备数据与上层应用毫秒级无线互联。

### 3. 制造业智能化的发展趋势

- 22 -

#### 未来发展方向：知识进化型智能制造



**目标：**提升制造质量、突破核心技术

**基础：**信息物理系统、制造过程大数据

**工具：**人工智能算法、5G通讯技术

**关键：**智能技术与制造过程深度融合

# 报告提纲

---

- 23 -

## 一、制造业智能化：内涵与趋势

1. 中国制造的成就、目标、瓶颈

2. 制造业智能化的内涵

3. 制造业智能化的发展趋势

## 二、上海交通大学临港智能制造基地



# 1. 上海智能制造研发与转化功能型平台

- 24 -

## 1) 政策背景

上海科创中心四梁八柱；上海新型研发机构“科改25条”；临港新片区。

### 总体目标：

聚资源

促技术

建系统

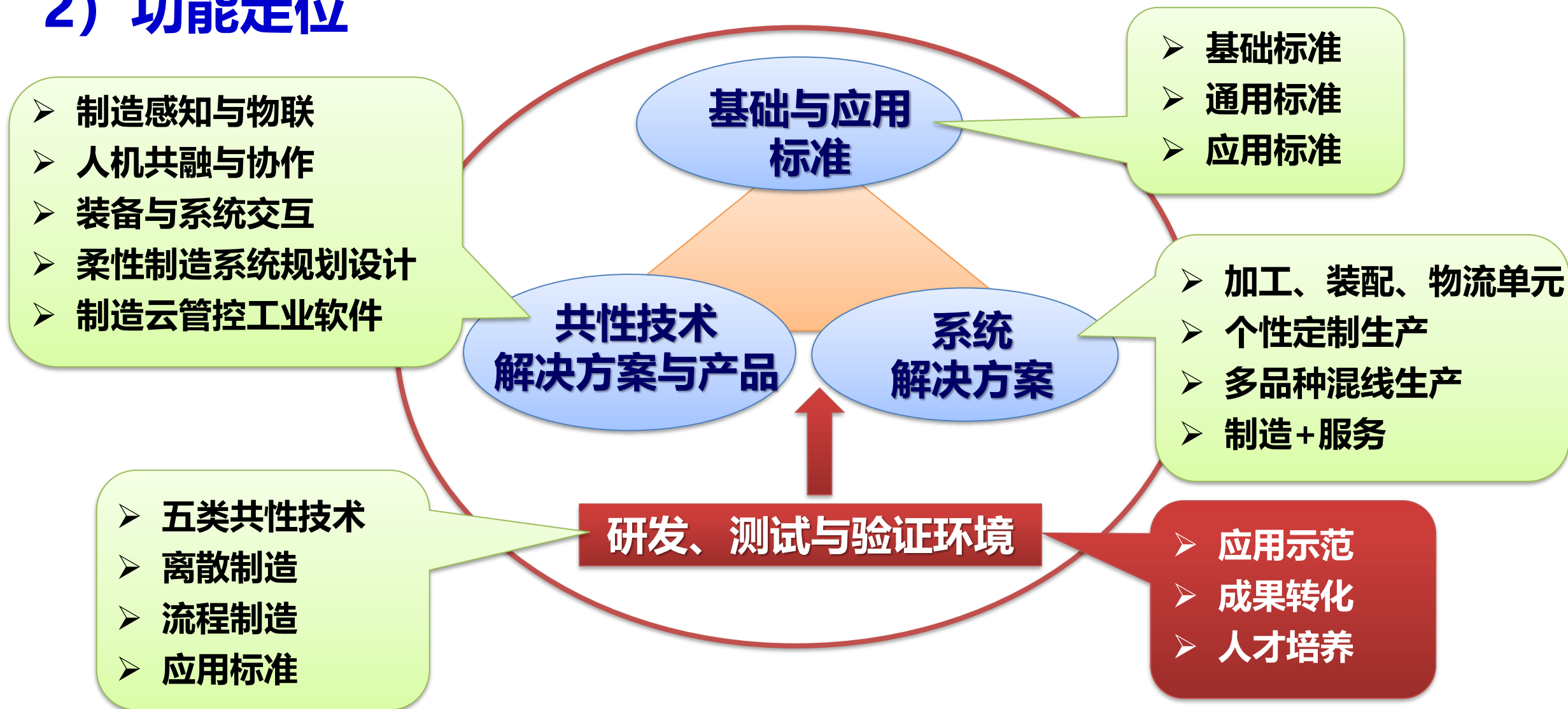
带产业

- ✓ 功能性、非营利性、公益性机构
- ✓ 上海市智能制造共性技术研发与转化的中心
- ✓ 上海市智能制造共性技术研发与服务的人才培养基地
- ✓ 助力上海科创中心建设，融入长三角协同发展战略
- ✓ 智能制造的国际合作大平台

# 1. 上海智能制造研发与转化功能型平台

- 25 -

## 2) 功能定位



# 1. 上海智能制造研发与转化功能型平台

- 26 -

## 3) 社会贡献

- 新技术、新产品、新工艺，承载产品载体为专业软件和装备；
- 系统解决方案、标准规范和知识产权，承载产品为示范工程、报批认定标准、专利和软件著作权等；
- 各类技术咨询服务，其输出形式为企业技术难题的解决、专门人才的培养、测试与验证的服务等。

**推动上海和长三角的智能制造水平提升！**

# 1. 上海智能制造研发与转化功能型平台

- 27 -

## 4) 组织架构

共性技术  
研发及应用

专项技术  
研究中心



系统方案  
与测试验证

汽车发动机智能制造  
验证、测试验证线



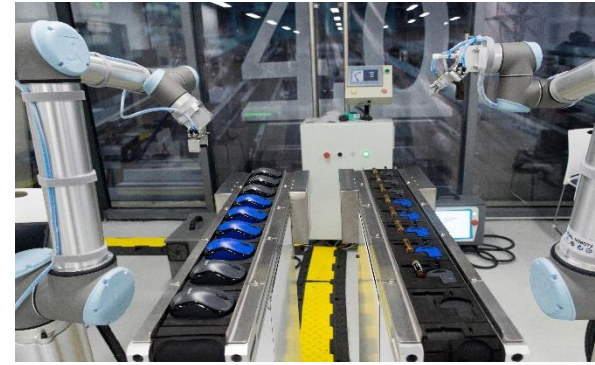
成果转化  
与产业化

混合制  
转化公司



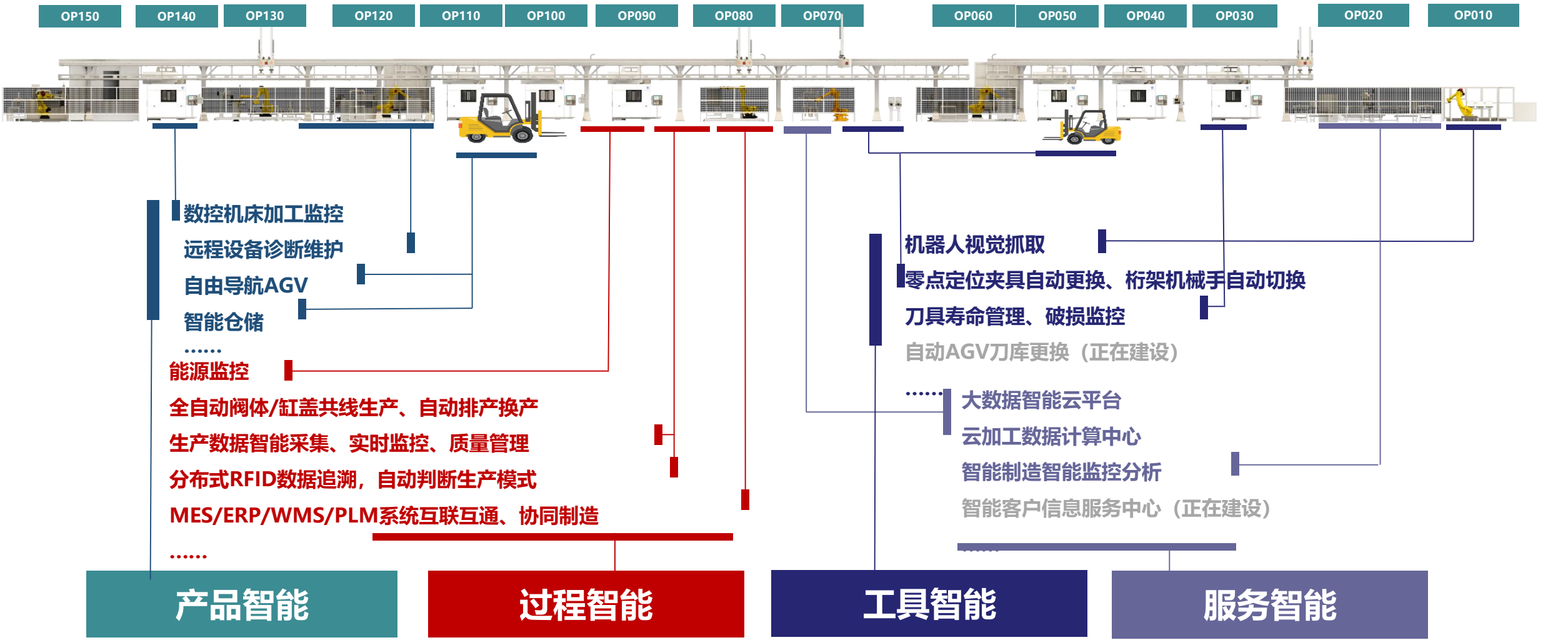
国际合作  
与前沿研究

交大弗劳恩霍夫中心  
中英精密测量中心



# 2. 汽车动力总成智能制造测试验证基地

## 1) 智能制造能力规划

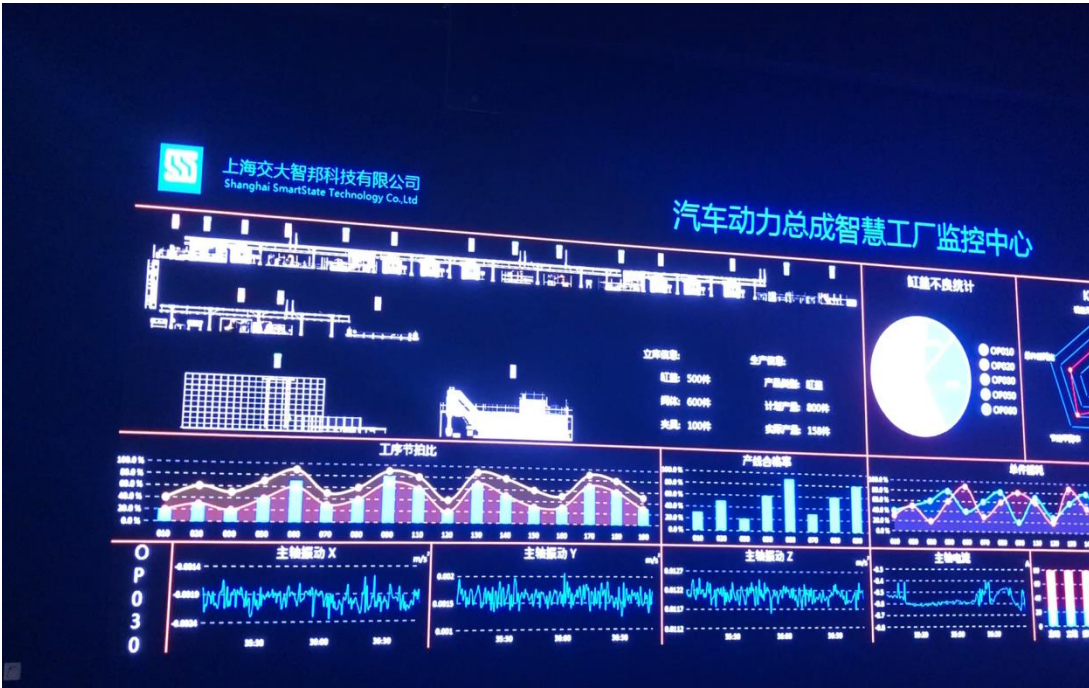
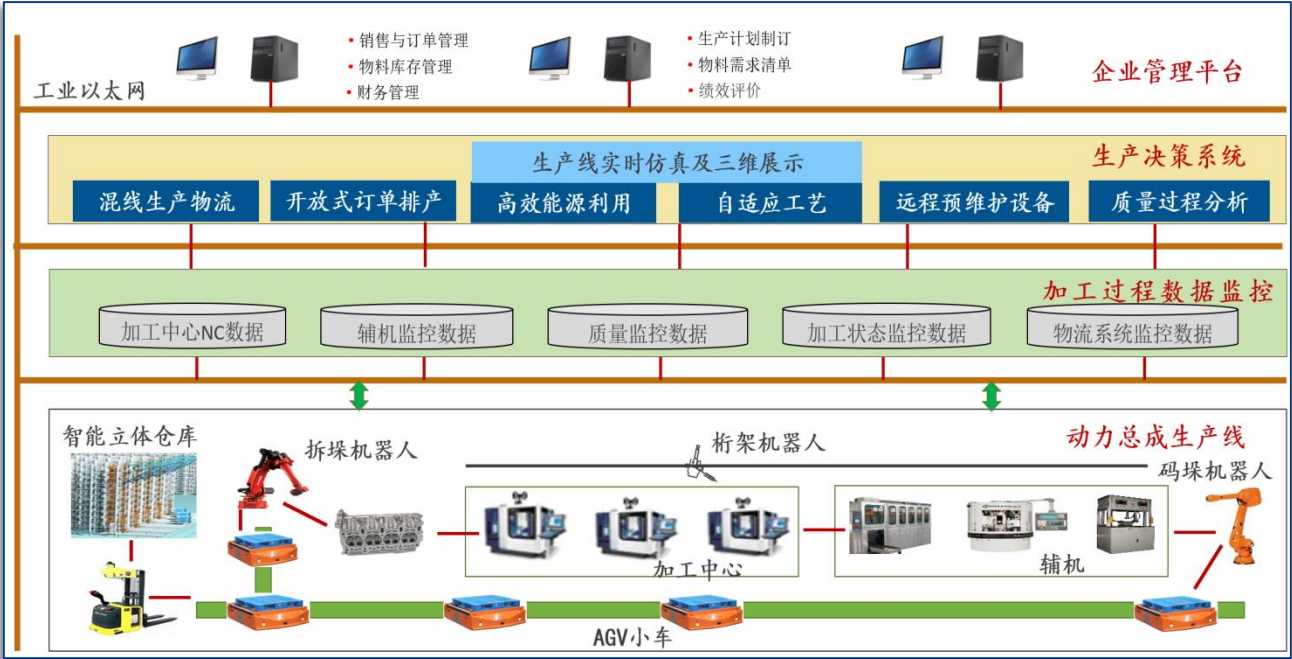




# 2. 汽车动力总成智能制造测试验证基地

## 2) 开放构架的软硬件环境

数字化、标准化、开放共享的架构，为智能制造研发的装备、软件提供技术与系统方案集成的测试验证环境。



基于全过程物理-信息融合建立软硬件集成测试验证环境

## 2. 汽车动力总成智能制造测试验证基地

- 30 -

### 3) 面向实际生产的验证环境

整线测试验证能力达到汽车用户标准，19个工位可模拟实际生产中加工、检测、物流、控制等各类需求。



- **高标准：**产线、工艺、装备完全按照汽车用户制造标准严格执行，满足生产运行考核要求；
- **高柔性：**缸盖、阀体实时不间断混产，满足单件/批量、毛坯/半成品上料加工等各种制造模式；
- **全工序：**按LGE缸盖、GF9阀体从毛坯到成品全工序加工组线；
- **全自动：**机器人视觉上下料、立体库、智能AGV物流系统、自动工艺/工装夹具切换，无人黑灯工厂
- **数字化：**PLM-MES集成，基于RFID实现全过程装备、质量、工艺、物流等各类信息实时采集和管理。

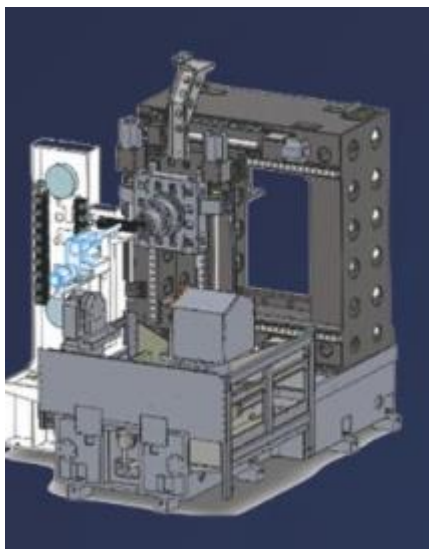


## 2. 汽车动力总成智能制造测试验证基地

- 31 -

### 4) 验证案例：国产高档数控机床产品优化改进

数控专项研发成果

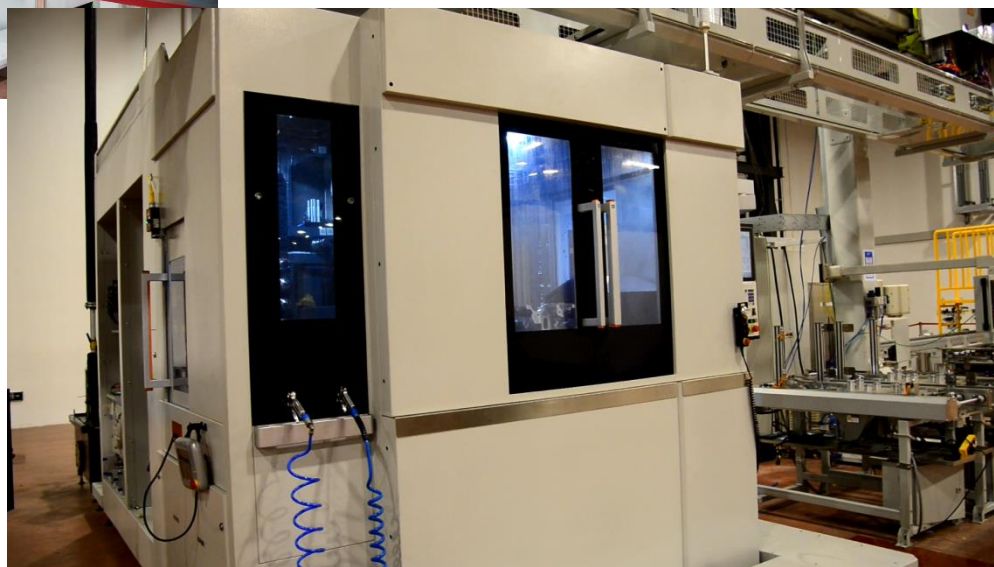


动力总成智能制造技术集成验证线



- **精简空间**：顶置刀库，占地面积变窄；
- **加大范围**：工作台面500X800，XYZ行程800/700/800；
- **提高效率**：主轴18000r/min,各轴加速度1G，换刀1.3秒；工作台转速25r/min；
- **提高可靠**：增设内防护，防水和排屑更好

**精度保持、可靠性**  
PT/SH两个平台8种型号



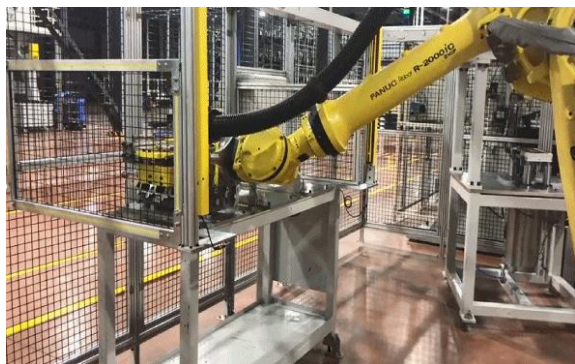


## 2. 汽车动力总成智能制造测试验证基地

- 32 -

### 5) 验证案例：制造过程智能执行单元

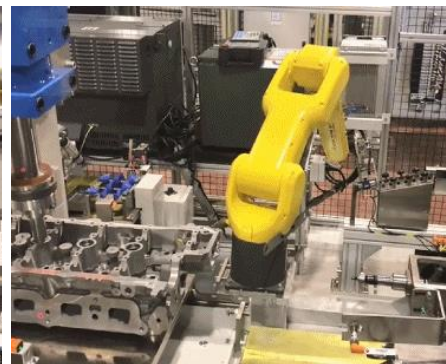
接合面泄露测试



高速桁架



零件分拣预装



AGV自动换产



缸盖瓦盖装配



缸盖闷堵装配

机械手识别上料

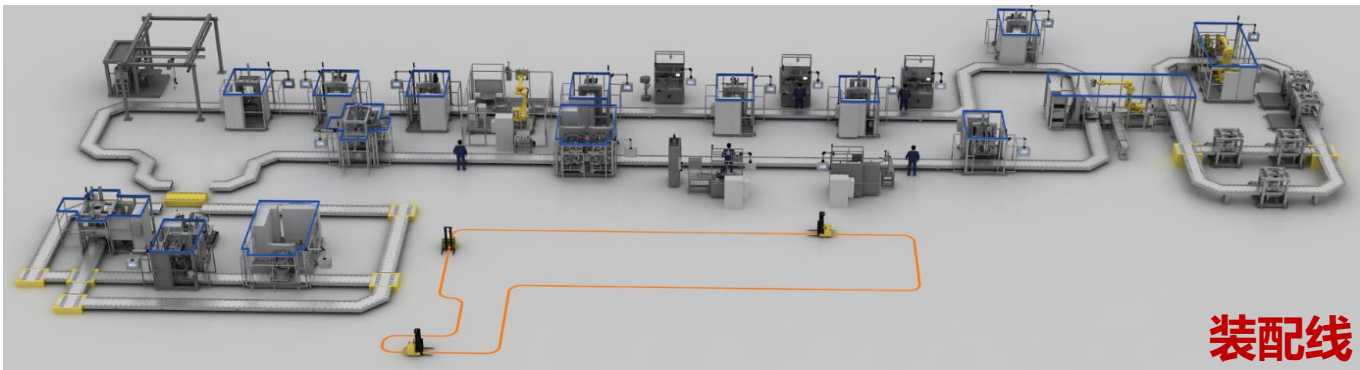
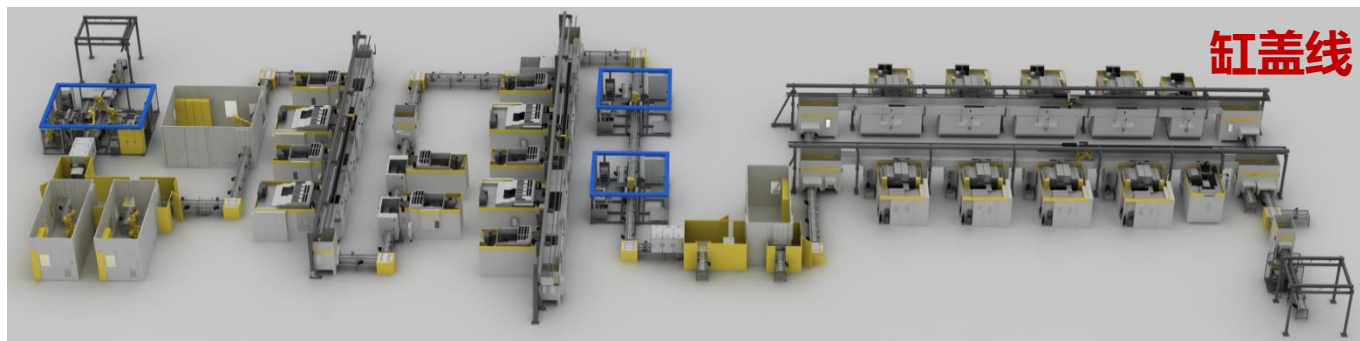
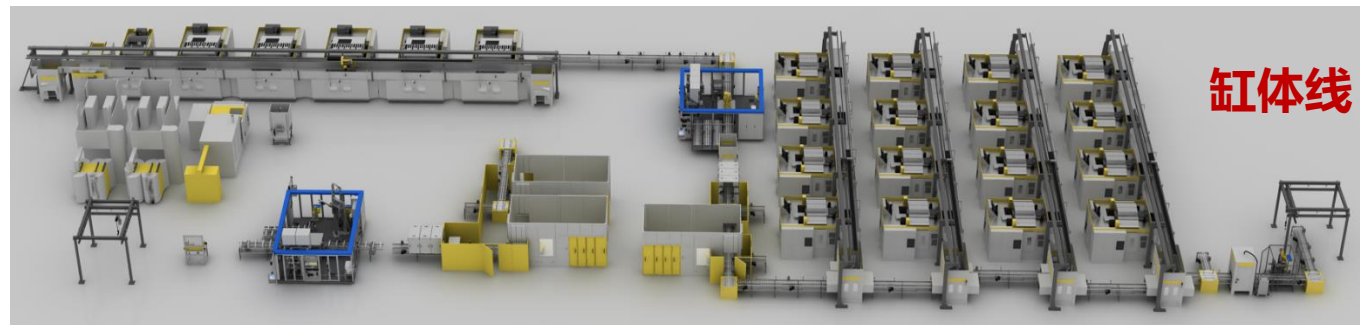
## 2. 汽车动力总成智能制造测试验证基地

- 33 -

### 6) 产业应用

#### 上汽乘用车临港发动机厂新增NF2 智能制造产线规划

- 为新增NF2产线（项目总投资7.1亿）提供智能制造产线规划和产能分析，包括一条缸体加工线、一条缸盖加工线和一条装配线，2019年底投产。
- 对装配线两个工位的智能化改造，提供技术方案和进行技术预研：缸盖拧螺钉（由人工操作变为协作机器人操作）、活塞销卡簧检测（由目视检测、人工标记，改为激光视觉检测）





### 3. 上海交通大学弗劳恩霍夫协会智能制造项目中心

- 34 -

#### 1) 弗劳恩霍夫协会在中国的第一个科研机构



**Fraunhofer Project Center  
at Shanghai Jiao Tong University**

上海交通大学弗劳恩霍夫协会智能制造项目中心是德国弗劳恩霍夫协会正式批准的

- ✓ 弗劳恩霍夫协会在中国的第一个科研机构
- ✓ 中国第1个项目中心
- ✓ 全球第10个项目中心



### 3. 上海交通大学弗劳恩霍夫协会智能制造项目中心

- 35 -

#### 2) 签约：备忘录(2017.10.14)

2017年10月14日，上海交通大学与德国弗劳恩霍夫协会签署合作谅解备忘录，启动智能制造项目中心建设。



#### 正式合约(2019.3.26)

2019年3月26日(弗劳恩霍夫协会70年诞辰日)，上海交通大学与德国弗劳恩霍夫协会签署正式合约，中国第一个弗劳恩霍夫项目中心正式成立。



### 3. 上海交通大学弗劳恩霍夫协会智能制造项目中心

- 36 -

#### 3) 项目中心的目标

- ✓ 国际领先的工业4.0和智能制造技术研究基地；
- ✓ 为中国企业、在华德企、合资企业提供工业4.0共性技术服务；
- ✓ 具有国际影响力成果转化基地和人才培养基地、政府智库；

**秉承弗劳恩霍夫协会宗旨：非营利性、共性技术研发**

**公共研发，不做销售；企业服务，不能独占；专利转化，不被买断。**

**已建成的工业4.0演示生产线：“未来制造体验中心”**





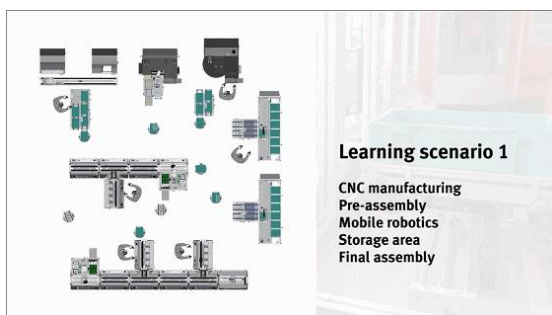
### 3. 上海交通大学弗劳恩霍夫协会智能制造项目中心

- 37 -

#### 4) 共性技术研究：2013年以来，工业4.0带来的新兴变革技术

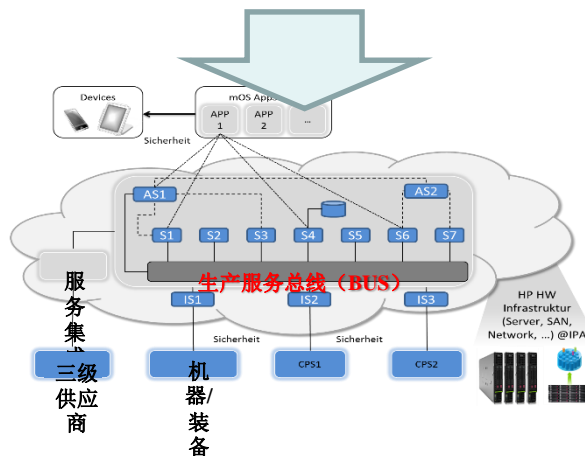
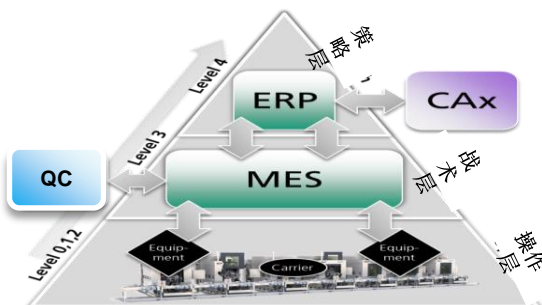
##### a. 个性化定制制造系统

高度柔性的未来制造系统



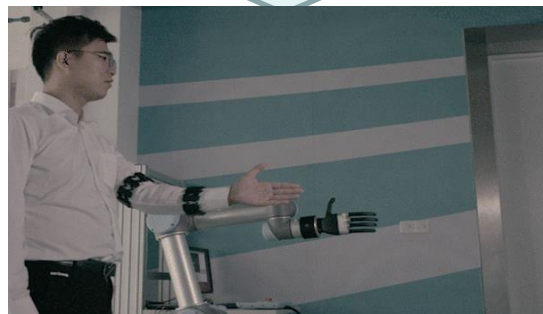
##### b. 信息物理系统

革新制造系统软架构



##### c. 人机协作制造系统

人工智能在装配技术上的应用



### 3. 上海交通大学弗劳恩霍夫协会智能制造项目中心

- 38 -

#### 5) 行业技术服务

汽车：视觉检测  
(Comau) 车间CPS



航空：人机协作装配  
(商飞) 车间CPS



造船：板料定标系统  
(江南) 车辆物联网



航天：个性定制系统  
智能导引装配



充分体现社会公益性，促进全行业技术进步！



# 结束语

---

- 39 -

- 1、知识进化型智能制造系统是智能制造的高级发展阶段，需要与智能化技术深度结合，不断演进；**
- 2、促进制造业智能化的深度发展，将结合点从目前的资源调度管理效率，深入到工艺优化、质量控制和核心技术的突破；**
- 3、未来的智能制造系统，是以大数据为基础、基于人工智能算法，工艺知识不断积累、质量不断提高的进化型智能制造系统，这是智能制造的努力方向。**



**敬请批评指正！  
谢谢！**