



智能识别感知技术与应用

尹周平

华中科技大学机械科学与工程学院
数字制造装备与技术国家重点实验室

C ontents

一、智能制造产业背景

二、智能识别感知技术

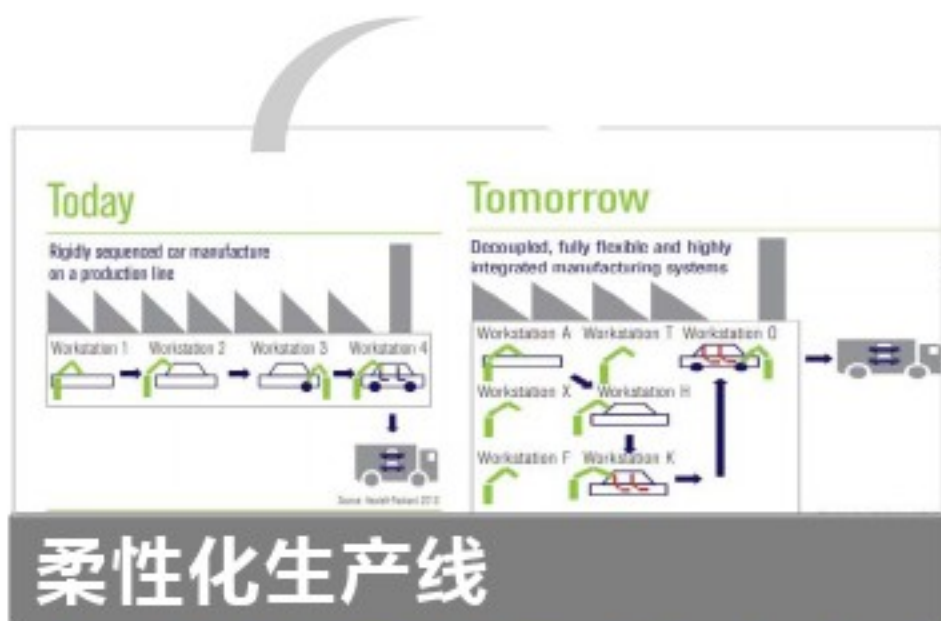
三、研究展望：柔性电子

制造技术的发展需求与趋势



产品全生命周期（设计、制造、运作等）满足客户个性化需求

全价值链端到端系统工程



实现多品种产品生产的动态配置资源

制造技术发展趋势

个性化

Today

A variety of interfaces between IT support systems



Source: Siemens 2010

Tomorrow

End-to-end system engineering across the entire value chain



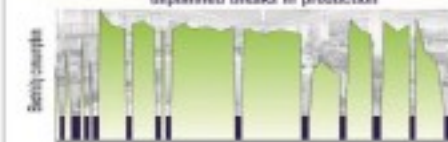
Source: Siemens 2010

提高能源利用效率，实现工业生产“绿色环保”

绿色制造

Today

Potential savings during planned and unplanned breaks in production



Tomorrow

Potential savings over the weekend



制造需求：多品种多批量、高质量低成本、柔性制造快速响应、节能减排环境友好等

制造业核心竞争力正在发生深刻变化



1 提升效率

- 能源和资源利用效率是竞争力的决定性因素

2 缩短生产周期

- 更短的创新周期
- 更为复杂的产品
- 更大的数据量

3 提高柔性

- 个性化大规模生产
- 快速变化的市场
- 更高的生产效率

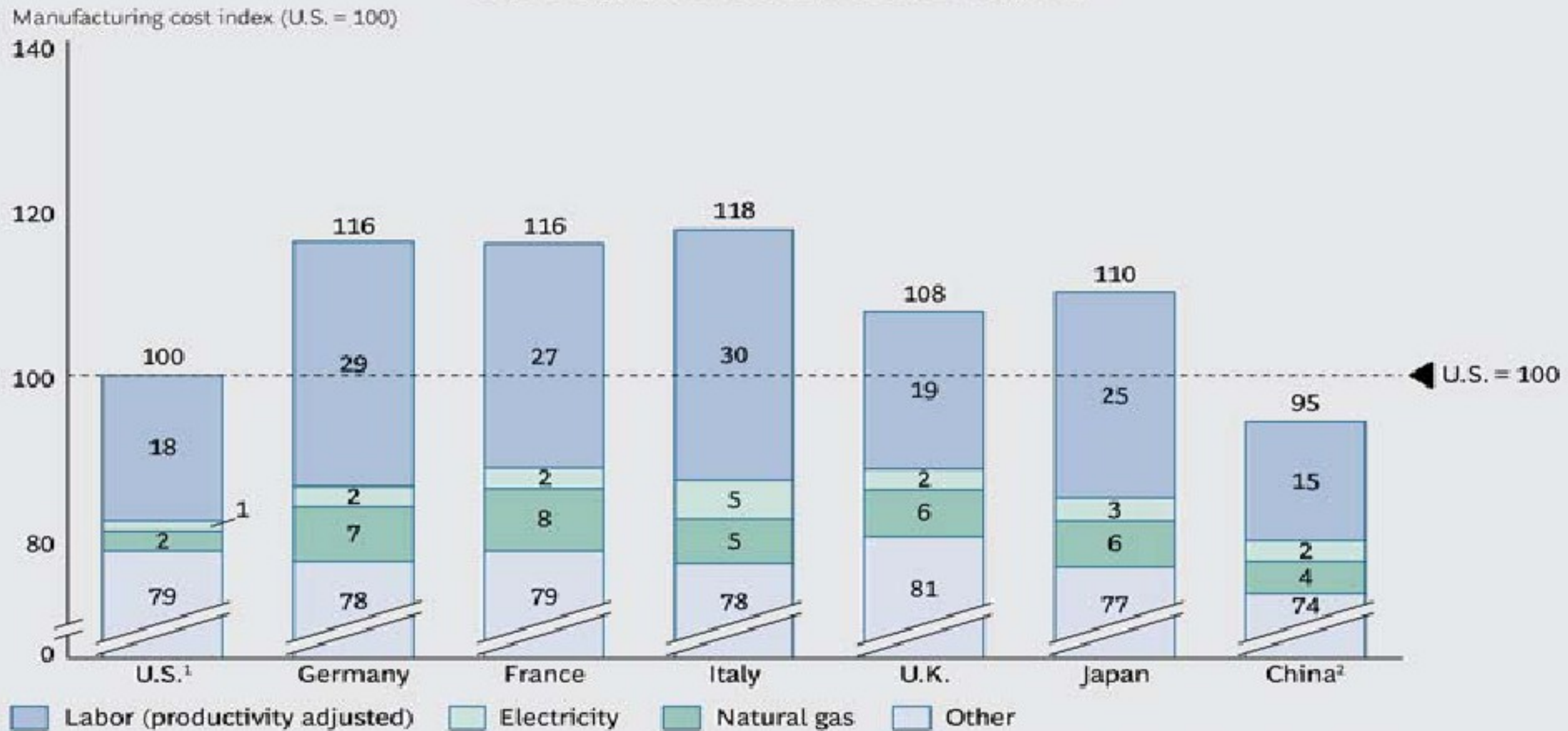
制造业变化的速度比以往更快

全球制造产业正在发生深刻变化



EXHIBIT 1 | Labor and Energy Cost Advantages Will Make the U.S. One of the Developed World's Lowest-Cost Countries

Average projected manufacturing cost structures of the major exporting nations relative to the U.S., 2015



Sources: U.S. Economic Census; U.S. Bureau of Labor Statistics; U.S. Bureau of Economic Analysis; International Labour Organization.

Note: Cost structures were calculated as a weighted average across all industries. No difference was assumed in "other" costs (e.g., raw materials inputs and machine and tool depreciation). Differences in values are a function of the industry mix of each exporting country.

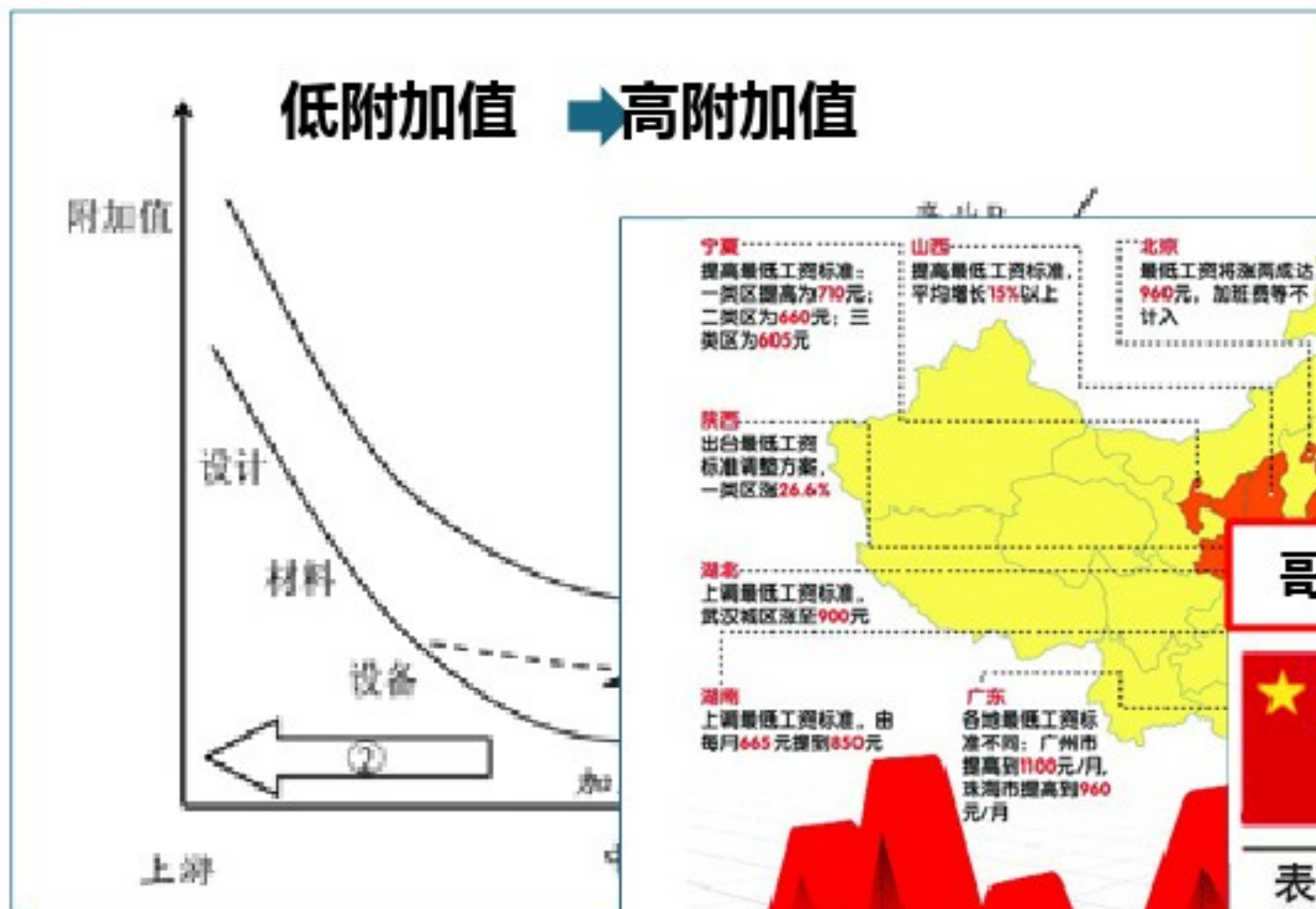
¹U.S. figures represent costs in a set of select lower-cost states specified in previous publications.

²Chinese figures represent the Yangtze River Delta region.

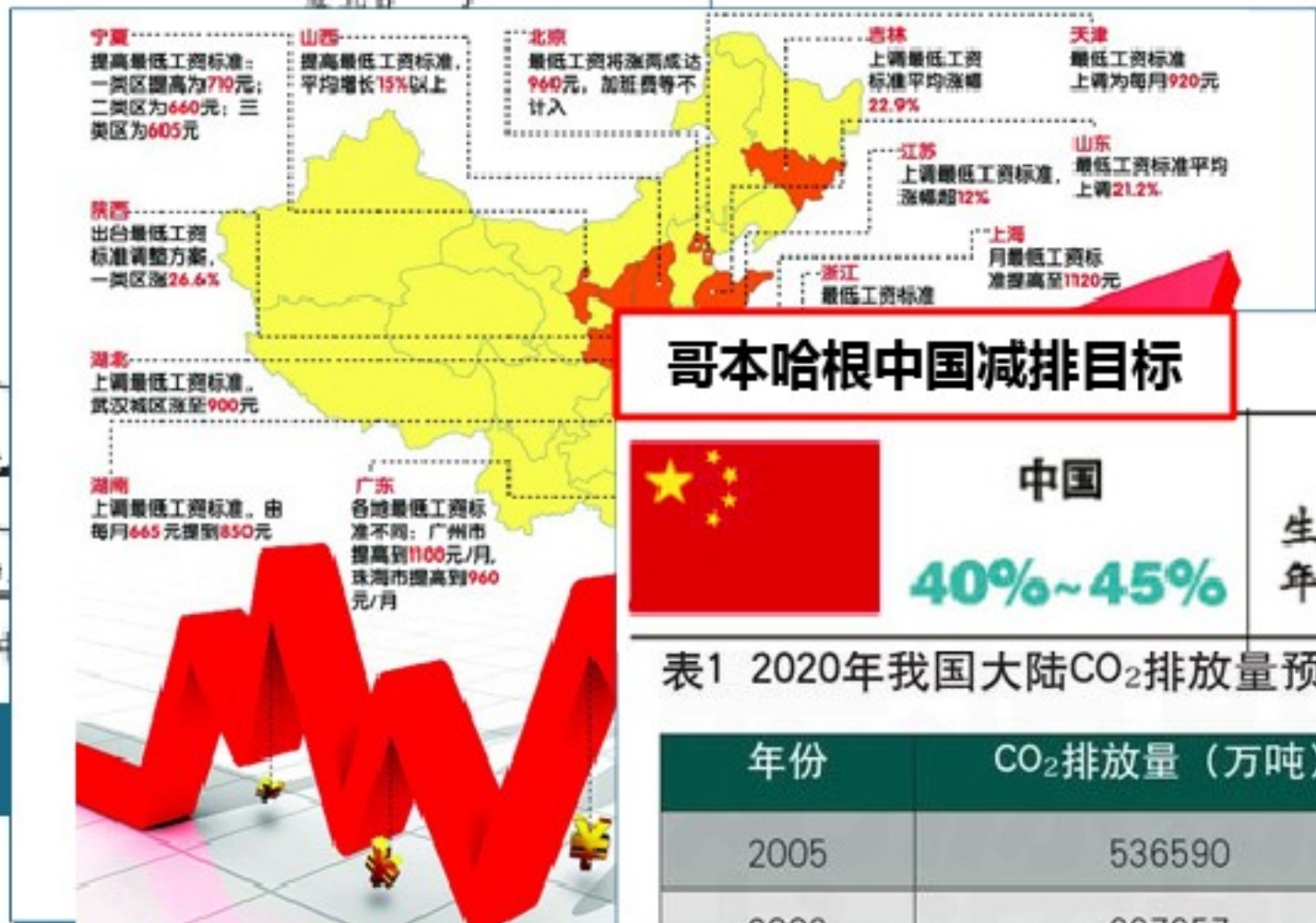
2015年中国长三角地区的制造成本仅比美国低5%



中国制造业挑战与机遇



产业升级压力



劳动力成本上升

表1 2020年我国大陆CO₂排放量预测

年份	CO ₂ 排放量 (万吨)	吨CO ₂ /万元GDP
2005	536590	2.90
2008	667657	2.13
2015	994730	1.87
2020	1099790	1.41

能耗排放压力

中国制造业机遇：发展先进制造技术，实现产业升级

制造业成为全球经济持续发展的发动机



美国



“再工业化”

- 国家制造技术创新联盟
- 使用本国页岩气和石油

德国



保持工业领先地位

- 持续创新机制
- 高出口量
- 工业4.0为新的指导原则

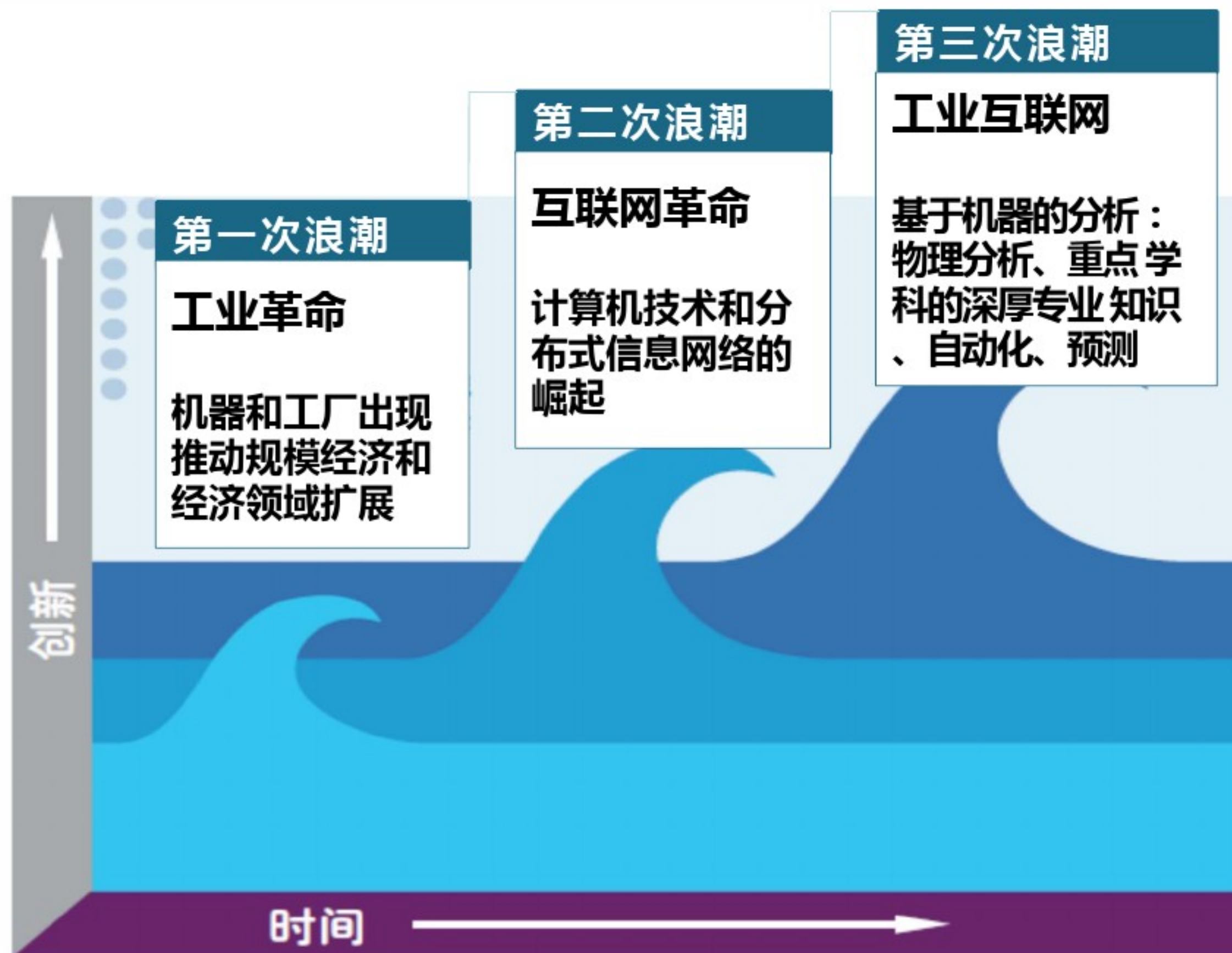
中国



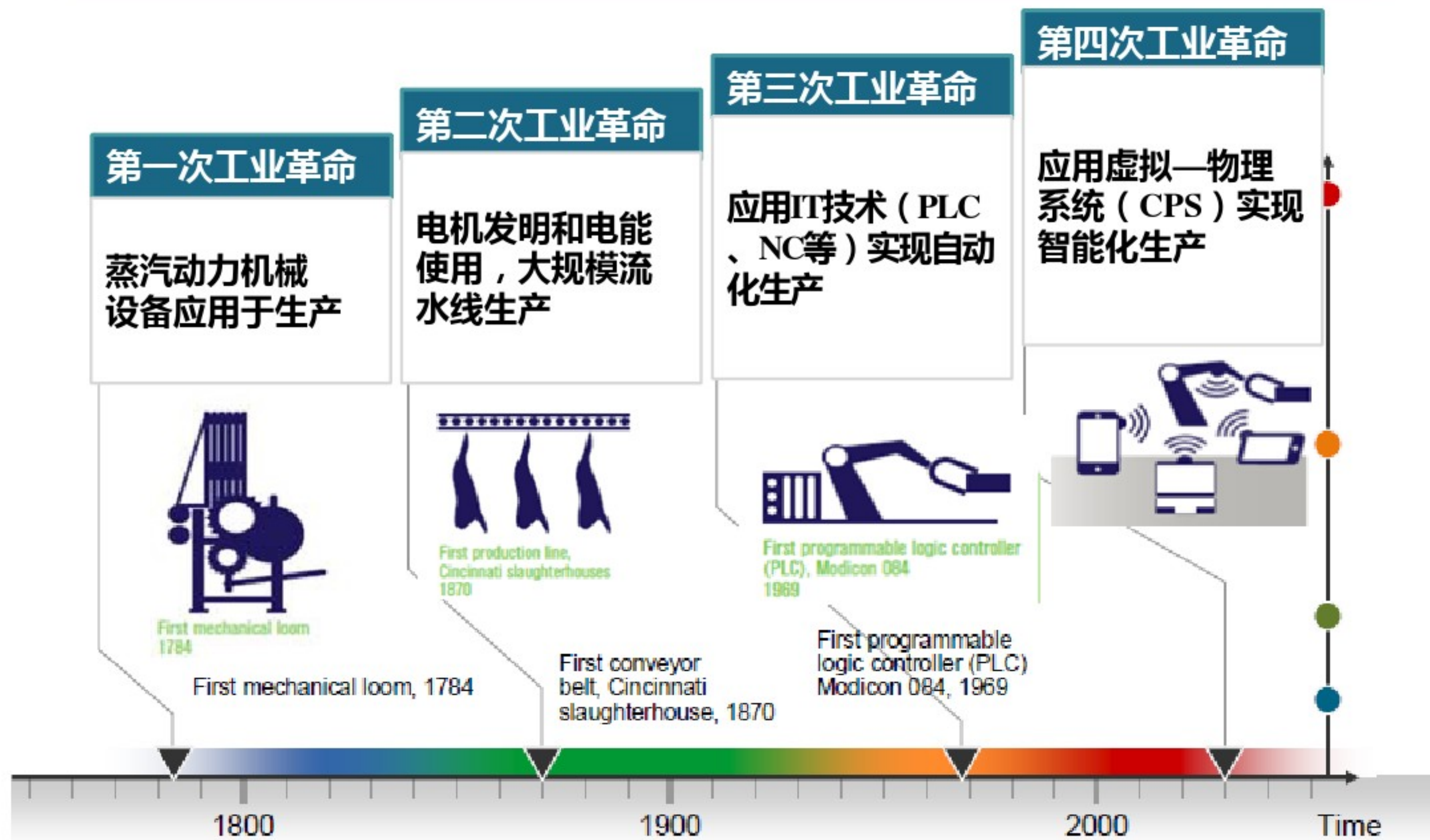
发展高端技术实现产品升级

- 工资上涨
- 质量驱动的自动化需求
- 节能立法

制造技术发展：第三次浪潮（美国）



制造技术发展：第四次工业革命（德国）



制造技术发展：中国制造2025



□ 李克强总理：2015年政府工作报告



“促进工业化和信息化深度 融合，开发利用网络化、数字化、智能化等技术，着力在一些关键领域抢占先机、取得突破。”

”制定“互联网+”行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合”；

□ 《中国制造2025》



强调要顺应“互联网+”发展趋势，以信息化和工业化深度融合为主线，推进10大领域智能制造和绿色制造，打造中国制造业升级版。



C ontents

一、智能制造产业背景

二、智能识别感知技术

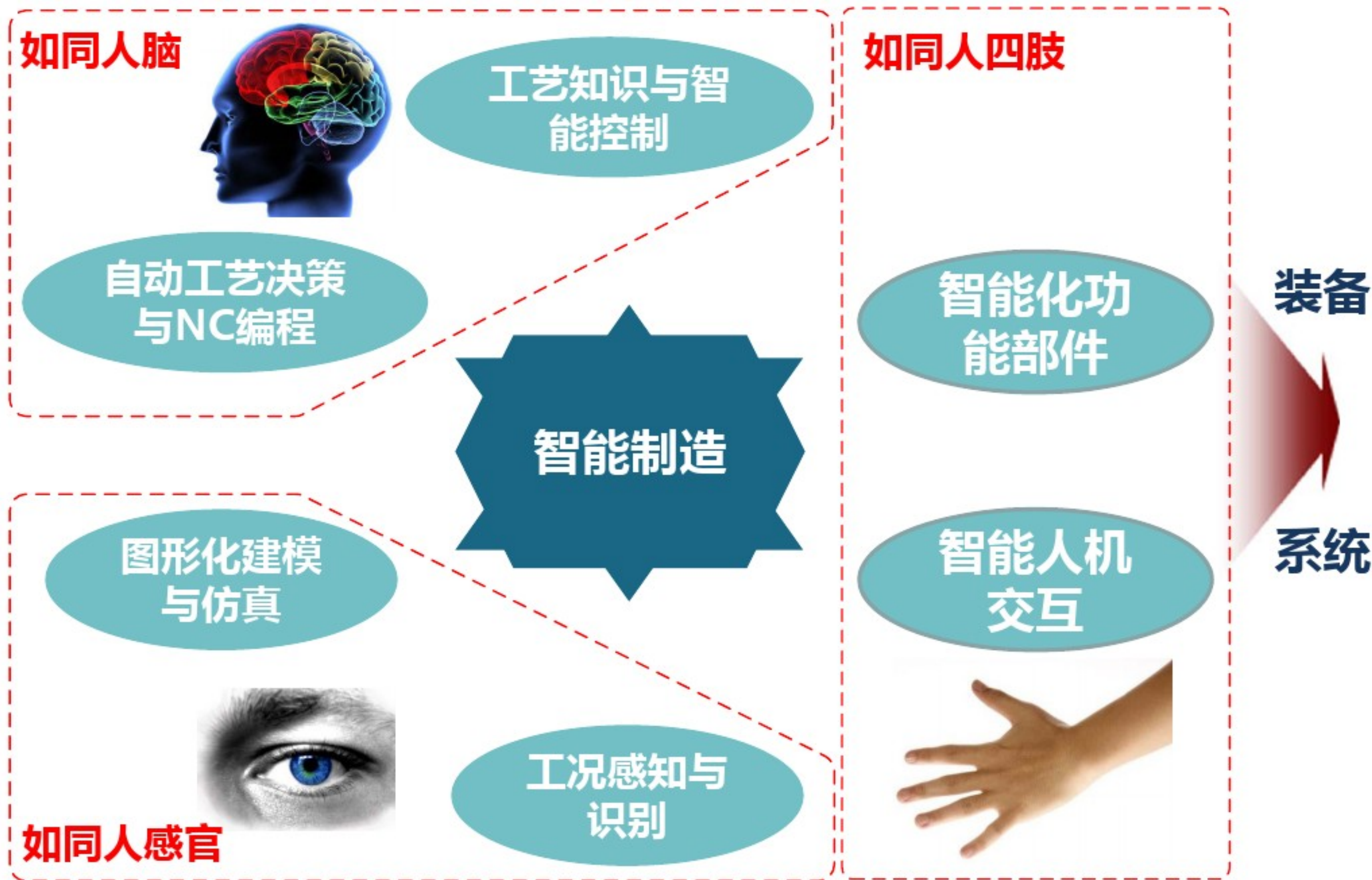
三、研究展望：柔性电子



智能制造旨在将人类智慧物化在制造活动中并组成人机合作系统，使得制造装备能进行感知、推理、决策和学习等智能活动，通过人与智能机器的合作共事，扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动，提高制造装备和系统的适应性与自治性。

智能制造=人工智能+机器人+数字制造

智能制造：研究范围

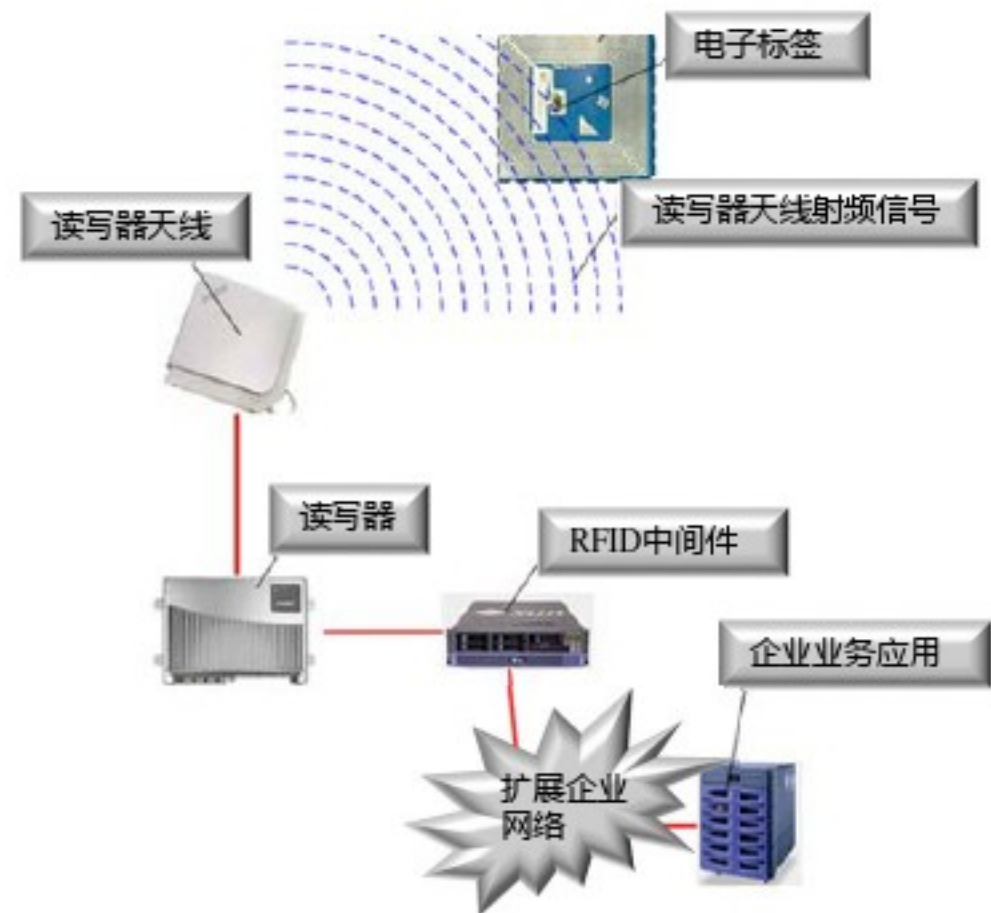


智能制造关键技术：智能识别感知

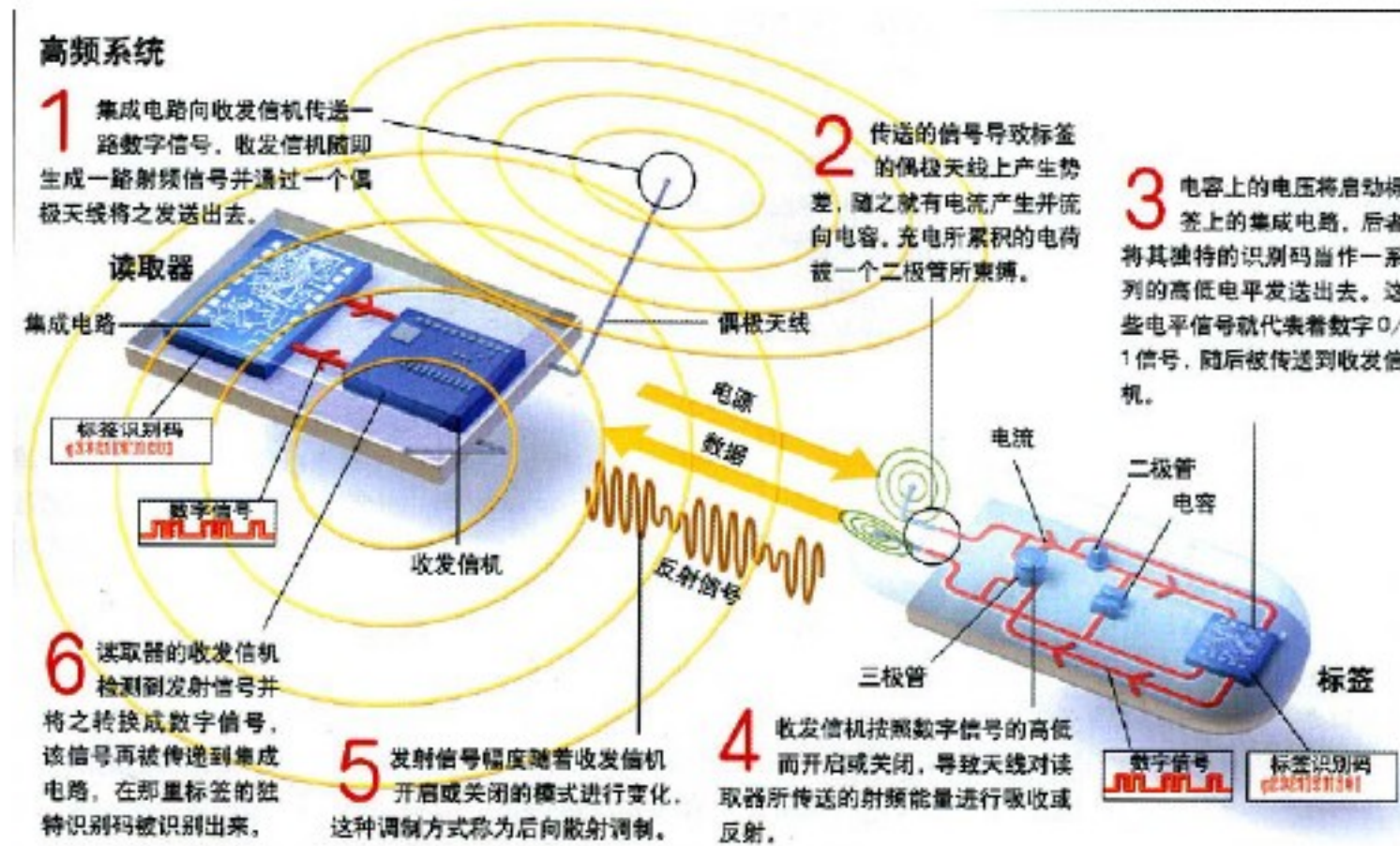


智能识别感知技术：RFID

RFID (Radio Frequency Identification) 是一种**非接触式**的自动识别技术，它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据。



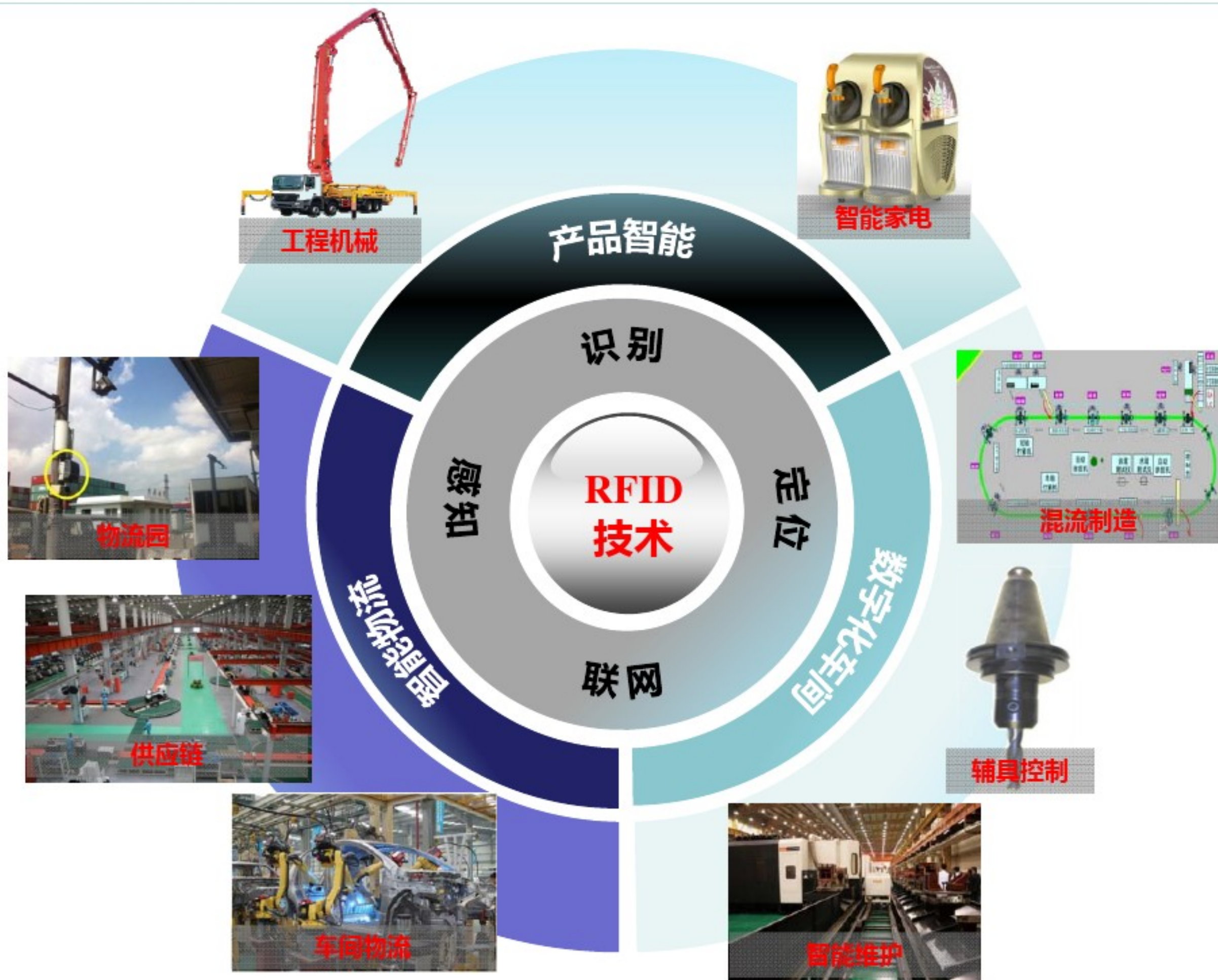
RFID系统组成



RFID工作原理

- ❑ **适应复杂工况**：防雨水、抗污渍、抗油污、可喷涂
- ❑ **读写方便快捷**：可读可写，“盲视”“透视”扫描
- ❑ **批量操作**：批量读/写、远距离读写
- ❑ **现场即验即写**：对着实物直接写入信息，码物——对应
- ❑ **读识性能可靠**：一次性“盲扫”，识别可靠性达99.8%以上

RFID在制造业中应用



关键技术挑战

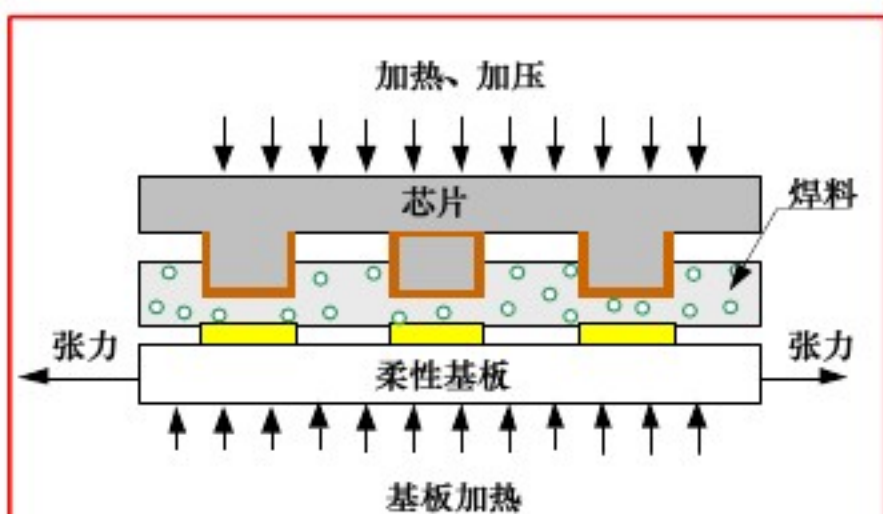


挑战1：复杂、多变环境下高性能RFID标签设计

强金属、油污、切屑液等以及多变环境对RFID产生致命影响

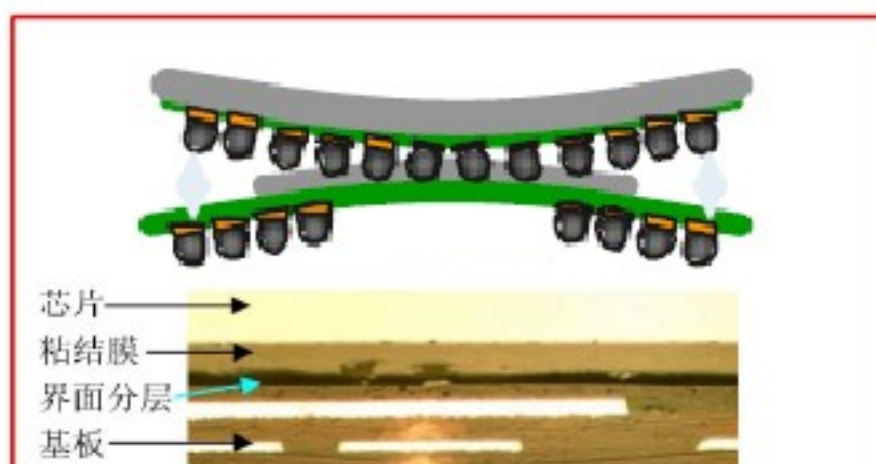
挑战2：制造性能一致性控制，抑制性能漂移

>70%的RFID失效是由键合界面接触电阻失稳引起



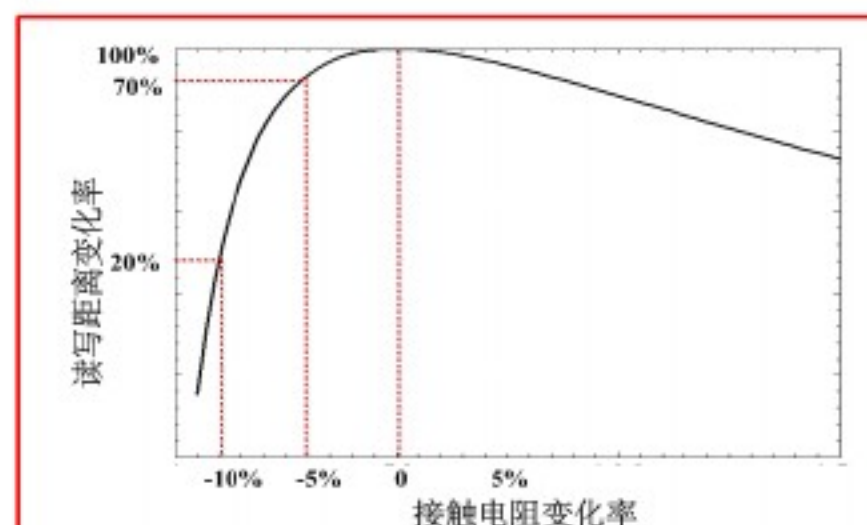
- 芯片：3ppm/°C
- 基板：60ppm/°C

异质结构CTE严重失配



- 柔性基板弯翘
- 键合界面分层

调控不当出现界面分层



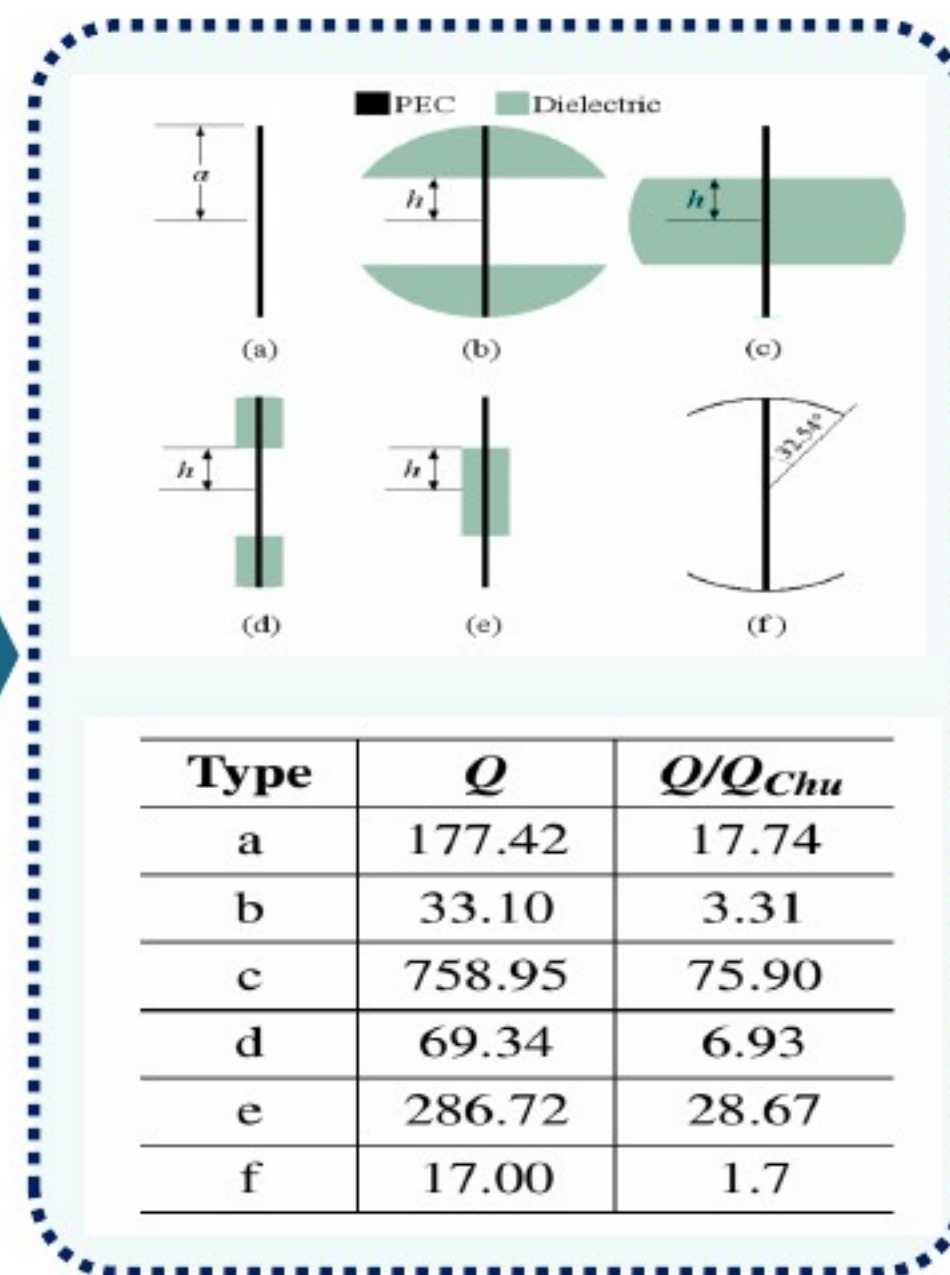
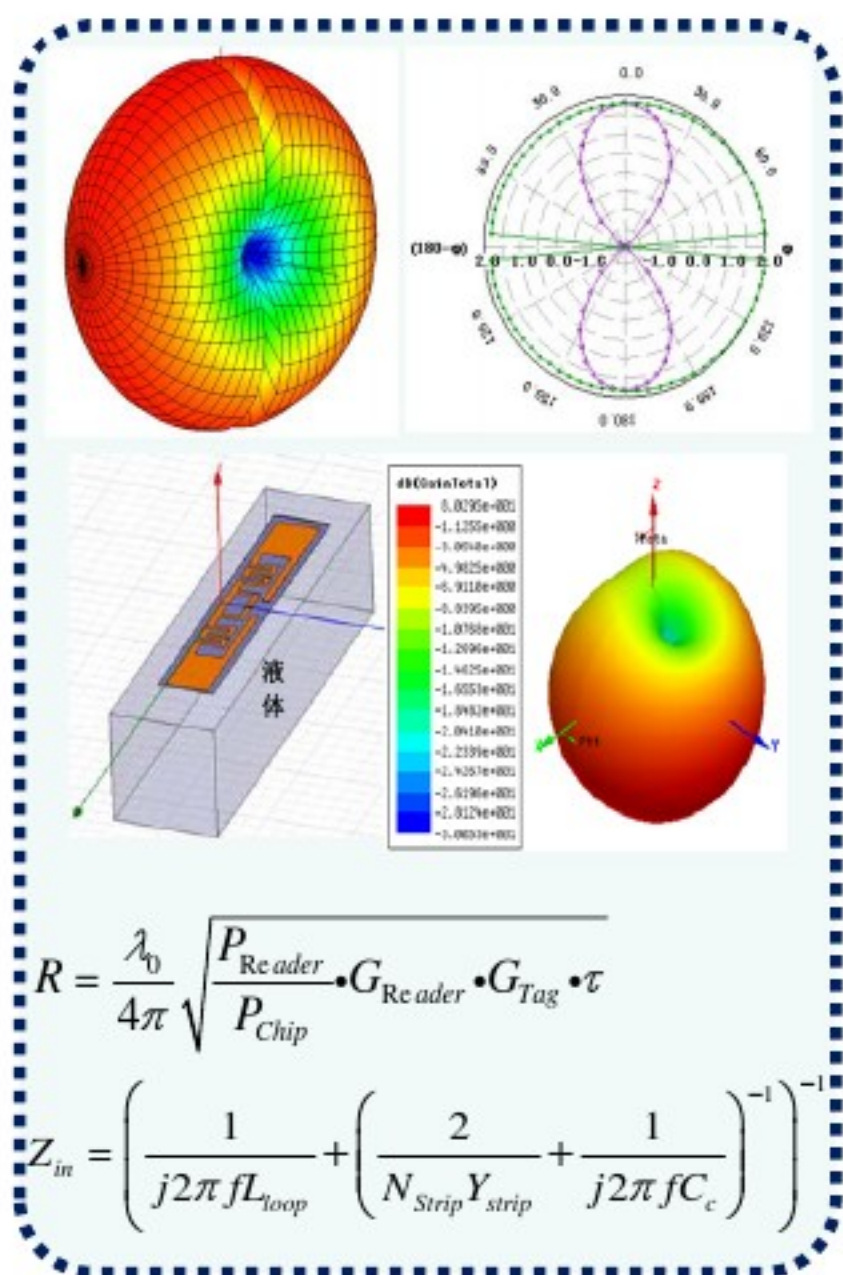
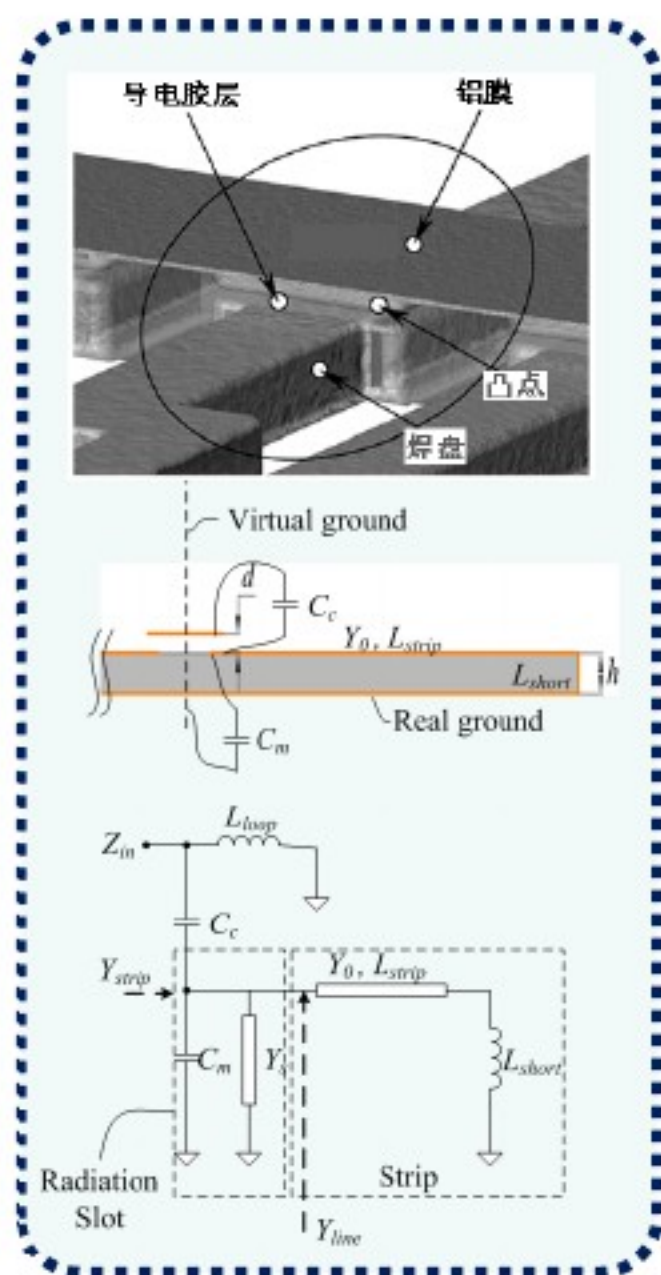
- 接触电阻失稳
- 谐振频率漂移

RFID标签性能漂移

主要研究进展：电小天线设计



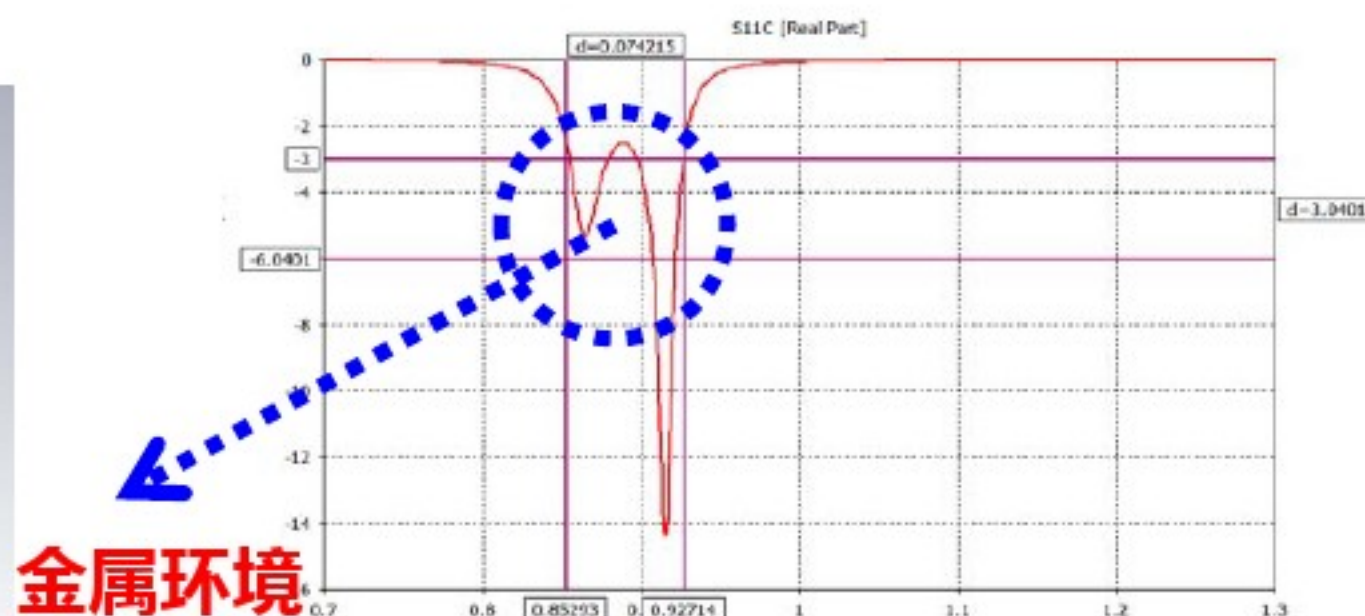
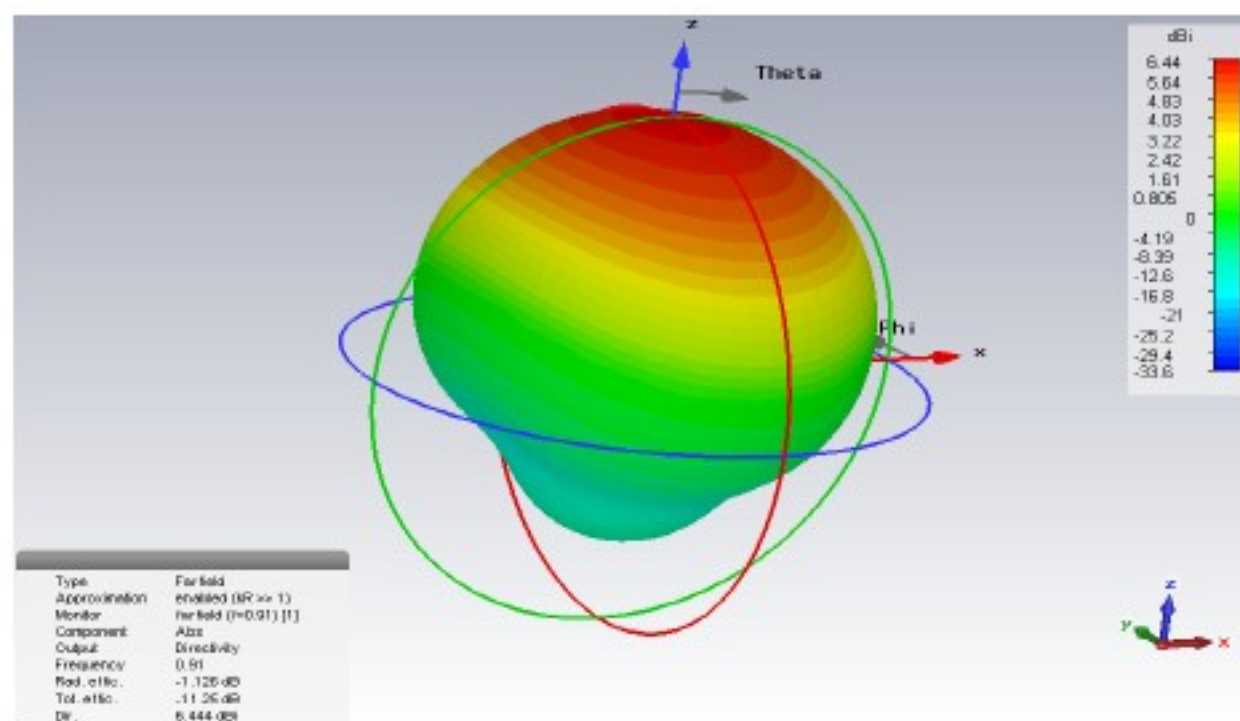
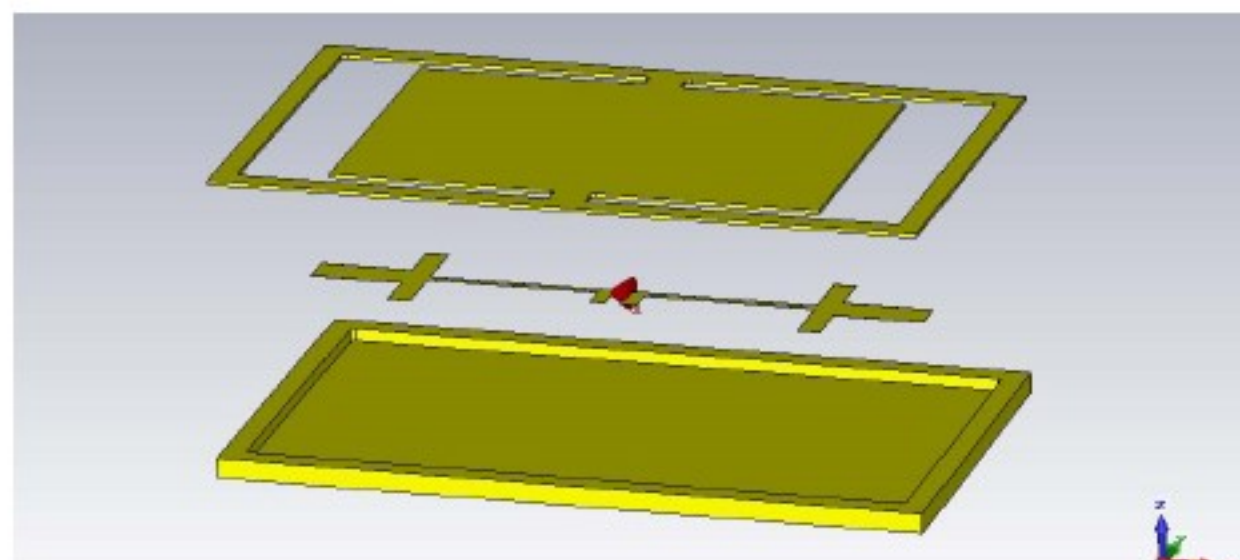
- 建立了基于端部介质加载的高带宽电小天线设计方法，天线辐射效率趋近理论值，突破了RFID小型化设计



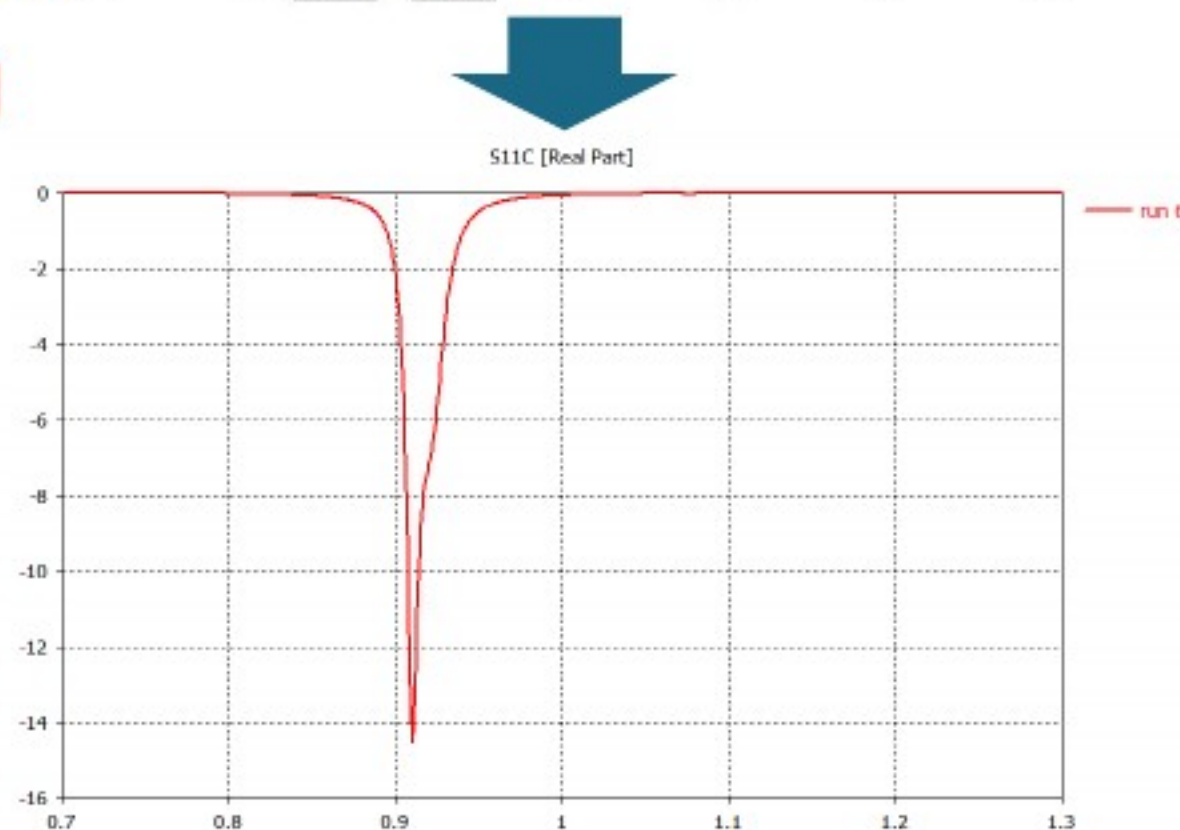
主要研究进展：电小天线设计



- 建立了基于“电容耦合+窄传输线阻抗匹配”策略的偶极子馈电谐振腔微带天线设计方法，解决了金属平面尺寸变化和金属嵌套环境对RFID标签性能的影响

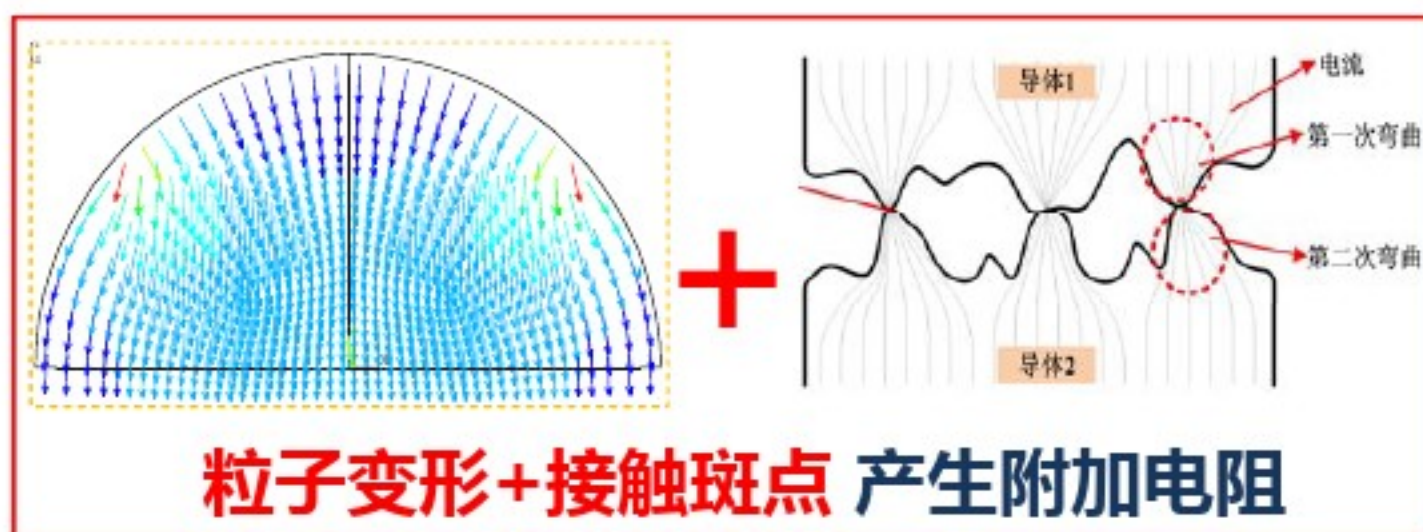


影响



主要研究进展：键合性能精确调控

- 建立了RFID键合界面接触电阻精确建模与计算方法，为提高制造性能一致性提供理论依据



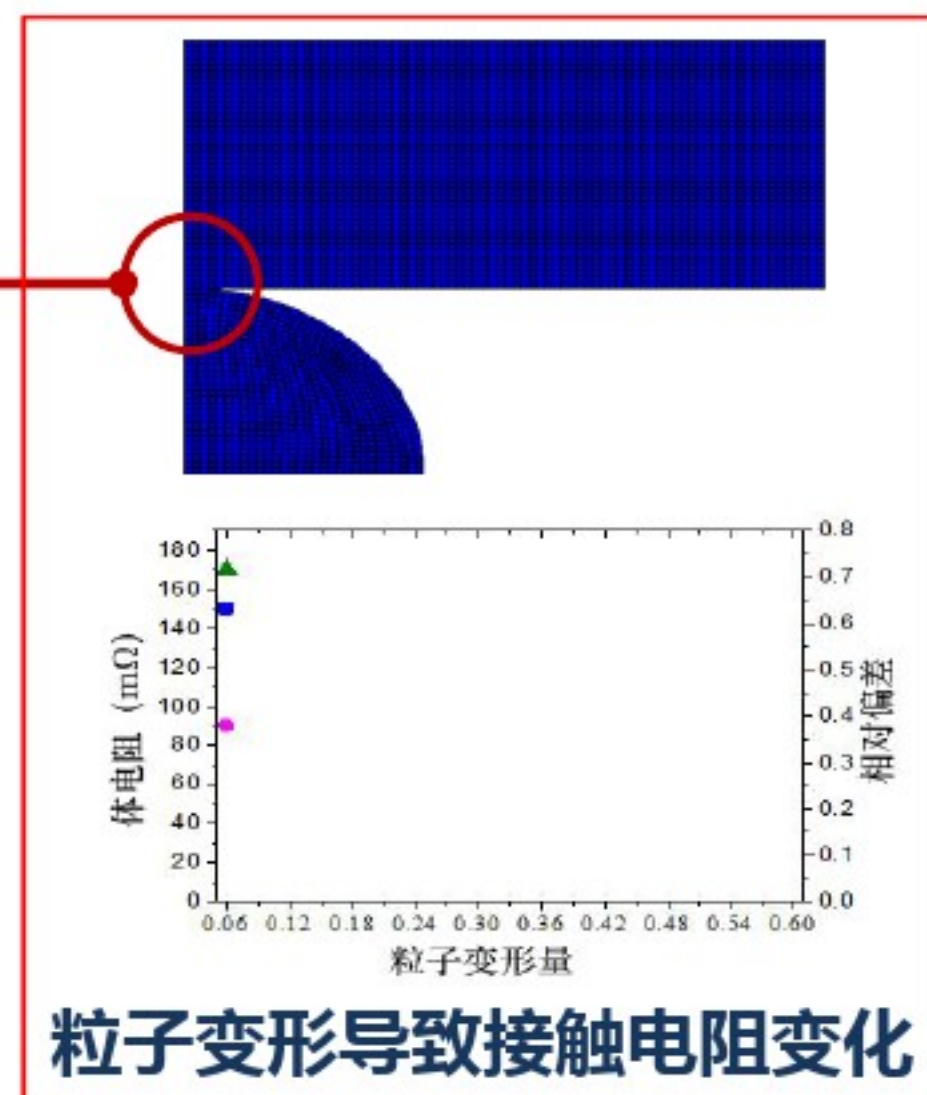
$$R = \int_{l_1}^{l_2} \frac{\rho}{S(L)} dL$$

改进

$$R_b = - \frac{\rho \Delta U}{\iint_A \nabla U \cdot d\vec{S}}$$

$$U(r, \theta) = \sum_{l=0}^{\infty} a_l r^l P_l(\cos \theta)$$

计算准确性提高38.9%

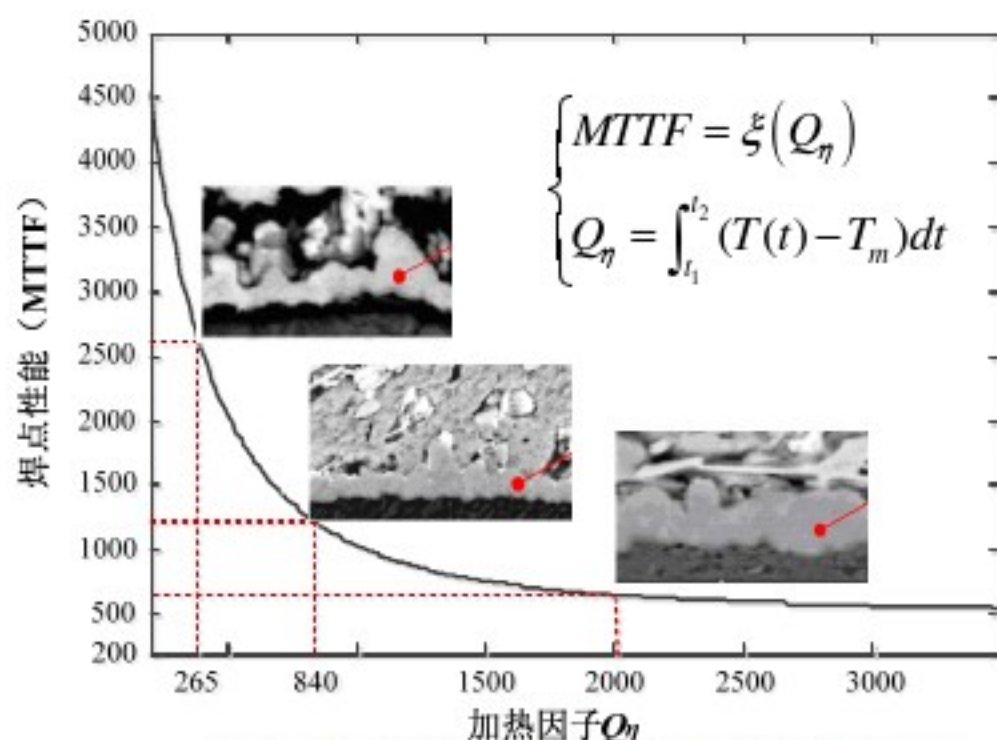


发现了RFID导电胶倒装键合中接触电阻 **“弯曲效应”**

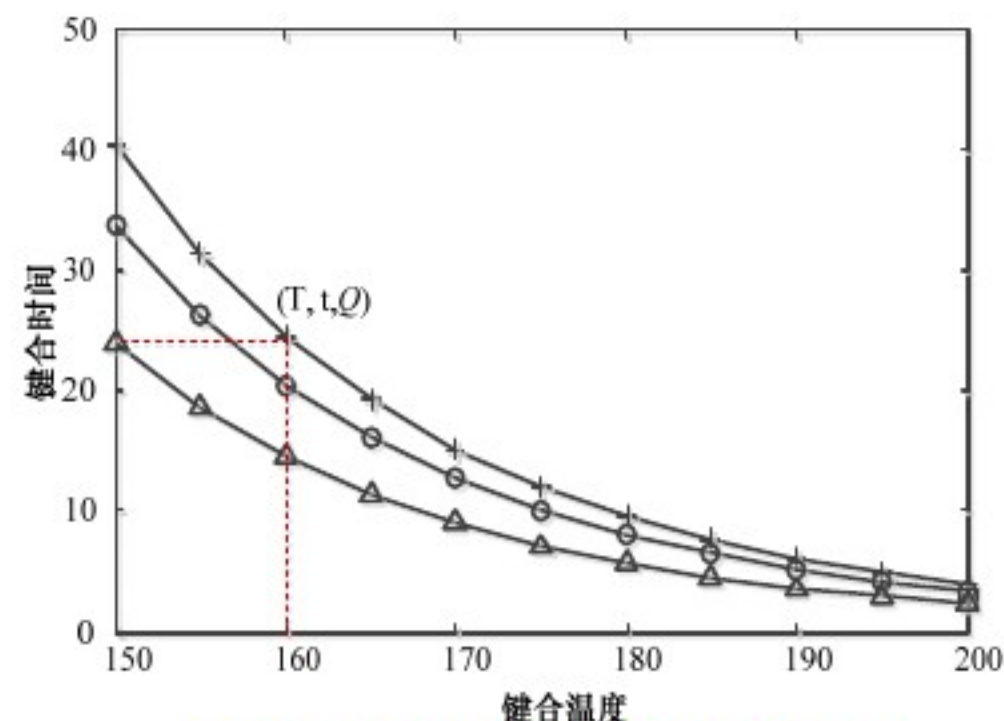
主要研究进展：键合性能精确调控



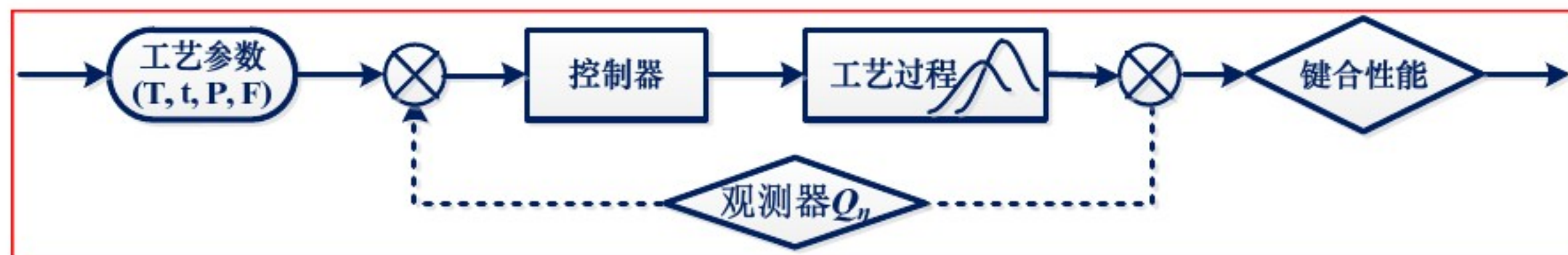
- 建立了RFID键合性能定量评价与在线调控方法，解决了制造工艺导致的不确定性影响。



键合性能定量评价指标



键合工艺参数调控规律



键合性能在线调控

主要研究进展：RFID产品研发

- 针对制造等领域应用，研制了低频、高频、超高频系列化的抗金属、耐高温RFID标签产品

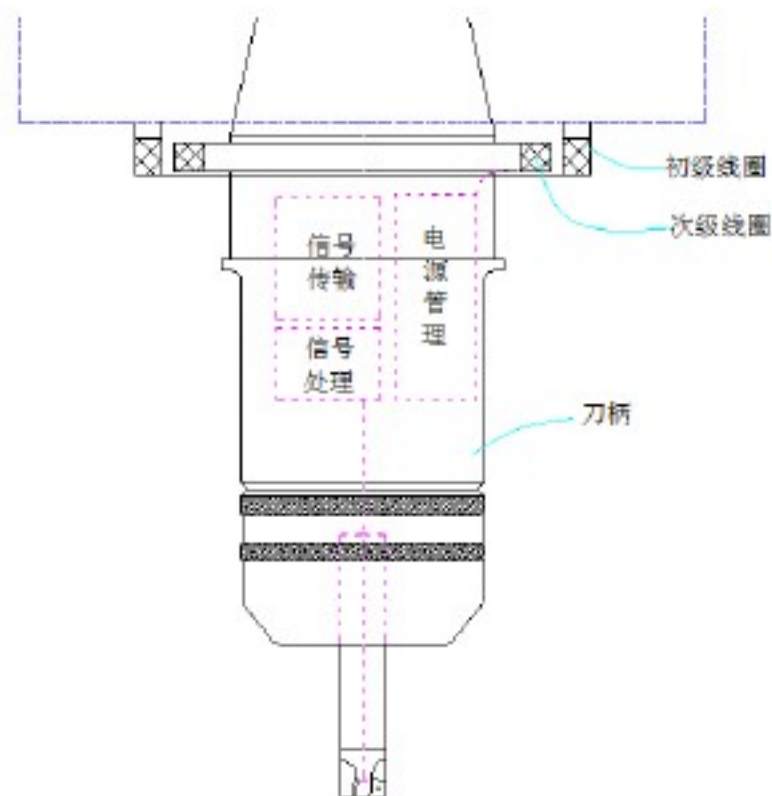
频段	标签	Inlay
低频 30kHz-300kHz 0-10cm	 林木  动物耳标  油井	  
高频 3MHz-30MHz 0-300cm	 AGV  刀具  产线  电极  立库	  
超高频 850MHz-910MHz 0-14m	 户外  耐高温  抗金属  物流	  



性能达到国际同类产品(如：德国巴鲁夫公司)指标

主要研究进展：智能刀具研发

- 将RFID与传感器相结合，开展航空发动机关键件加工过程中力-热-变形智能感知技术研究。



感知对象

- 几何量: 工件变形
刀具磨损
- 物理量: 力、热、应变
主轴和装备振动

复杂环境

- 对象复杂: 强时空变化
强耦合
- 工况恶劣: 异型结构
强干扰(碎屑、噪声)

应用案例：三一重工数字化车间



三一重工

三一重工股份有限公司：世界500强企业（中国工程机械行业首家），中国最大、全球第六的工程机械制造商



三一重工18号工厂车载泵、拖泵、泵车等生产线过程管控系统

实施效果：通过RFID智能小车，RFID智能托盘、自动立库等智能部件，实现配送过程透明化和智能引导，提高了物料配送效率12%，生产计划执行率98%。

应用案例：美的供应链智能管控



美的 Midea 智能车辆物流及卸货：美的微波炉马龙基地是亚洲最大的微波炉生产基地，年产量亚洲第一



供应商需要卸货位时，在预约终端上选择B1厂区、B2厂区进行预约卸货位。
 预约终端实时显示了厂区卸货位的监控状态，包括空闲、优先分配、已占满状态。



供应商预约排队情况列表

供应商	车牌号	预计卸货位	预约卸货	入厂时间	是否到达
恒百威	粤D88888	B001-121	B1区 1号卸货位	2013-12-30 8:30	是
国正	粤D66666	B001-010	B1区 5号卸货位	2013-12-30 11:05	否
金碧	粤D00000	B001-005	B2区 10号卸货位	2013-12-30 13:20	否
恒健威	粤D99999	B001-075	B2区 13号卸货位	2013-12-30 16:20	否
金和林	粤D11000	B001-020	B1区 12号卸货位	2013-12-30 10:20	是
顺佳康	粤D12000	B001-055	B2区 2号卸货位	2013-12-30 11:20	否

实施效果：实现物料拉动式送货机制，对厂区车辆和卸货资源统一调配和引导，提高厂区物流资源使用率30%以上，提高送货准确性15%以上。