

机器人前沿技术与产业机遇

王田苗 教授博导

北京航空航天大学 机器人研究所

国家特聘教授长江学者、国家杰出青年基金获得者
基金委信息领域专家，国务院学位委员会学科评议专家组成员，
国家科技部“十二五”服务机器人重点专项专家组组长

中国 北京 2014. 11. 22

前沿技术发展趋势

- 机器人，新材料，本体、感知与驱动一体化，人工柔体肌肉驱动，执行器
- 机器人，嵌入式技术与电子信息，分布式环境感知与控制，目标识别
- 机器人，脑控与脑认知，人工智能，大数据与云计算
- 机器人，人机物共融，多机器人，多模态人机交互

第三次科技浪潮：移动互联网与大数据，医疗健康与物联网、新能源与智能交通，机器人与智能制造



来自华尔街的消息2014. 5

机器人占领“世界工厂”

随着人力成本上升、制造工人招收越来越难以及其他新兴经济体的竞争加剧，曾被称为“世界工厂”的中国，已变为世界最大的工业机器人市场整机机器人**170**亿美元，加工配套**500**亿美元

2013年，中国购买了全球五分之一的机器人，首度超越日本。据**IFR**最新数据，中国去年购买了**36560**个工业机器人，同比增长**60%**。日本购买了**26015**个机器人，美国位居第三，购买了**23679**个机器人

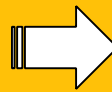
2008年至**2013**年，中国机器人购买量年均增长**36%**

态势的认识

- ◆ 实体产业是国家经济命脉和安全保障：08年金融危机后的思考
- ◆ 数字化设计、机器人、3D打印是未来制造业智能化发展的重要方向：皇冠明珠
- ◆ 美国：制造业回归；德国/欧盟：双领先战略

美国“制造业回归” (2009年起)

- 美国丧失了低端产业的领先地位
- 高端产业市场也落后于德国和日本
- 美国在制造业相关的R&D在逐渐衰退



美国总统奥巴马在2012年国情咨文中提出，**经济发展、就业增长、国家安全的关键是制造业。**

保持在高端制造领域的研发领先、技术领先和制造领先。

- 机器人
- 数字制造
- 人工智能

2012年，美国奇点大学Vivek Wadhwa教授在《华盛顿邮报》撰文：

“Why it's China's turn to worry about manufacturing?”



态势认识

◆ 智能机器技术和产业将影响全球制造业格局！

德国推出工业4.0引领的制造业发展 (13年3月发布)

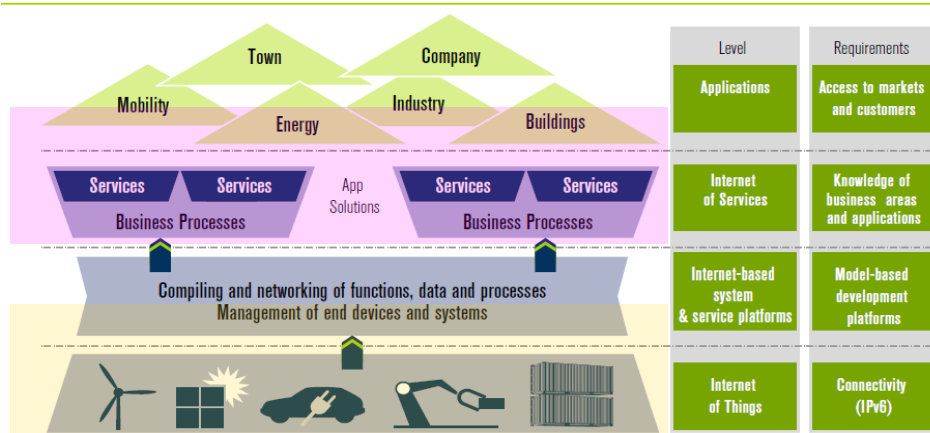
- 制造业是德国传统的经济增长动力，德国装备制造业全球领先
- 德国在应用信息技术，如嵌入式系统、应用软件等领域全球领先

双领先目标：

- 全球领先的装备制造业
- 领先的智能制造技术提供者

德国的前瞻战略

通过利用信息物理系统CPS相结合的手段，将制造业向智能化转型。



智能服务
智能控制

3D打印
机器人

创造新价值的过程正在开始改变

智慧制造：以人为中心，数字化、网络化、智能化深度融合

网络化、数字化、
智能化的云设计制
造与服务

新生产模式

**智慧
制造**



新制造手段

3D打印、智能机器
人、数字化车间

新贸易合作

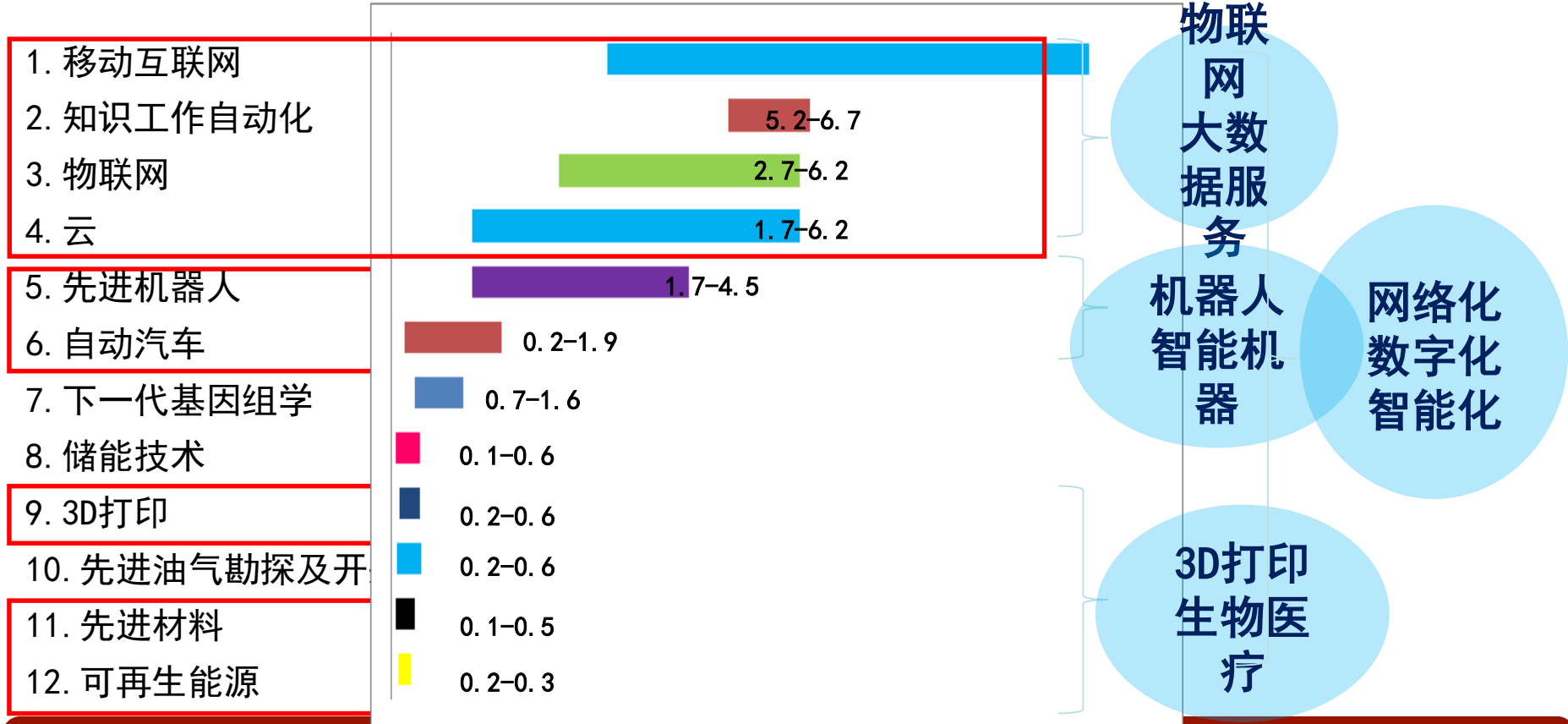
嵌入式物联网监控
与互联网电商

制造业升级转型形成了新的产业链分工

改变世界的颠覆性技术

2013年3月麦肯锡报告

至2025年的预估潜在经济影响上下限（万亿美元）



物联网与大数据、机器人、智能交通、3D打印涵盖了引领全球变革的12项颠覆性技术中的9项

中国工业机器人发展的源动力

源动力一：中国制造业产业结构转型升级

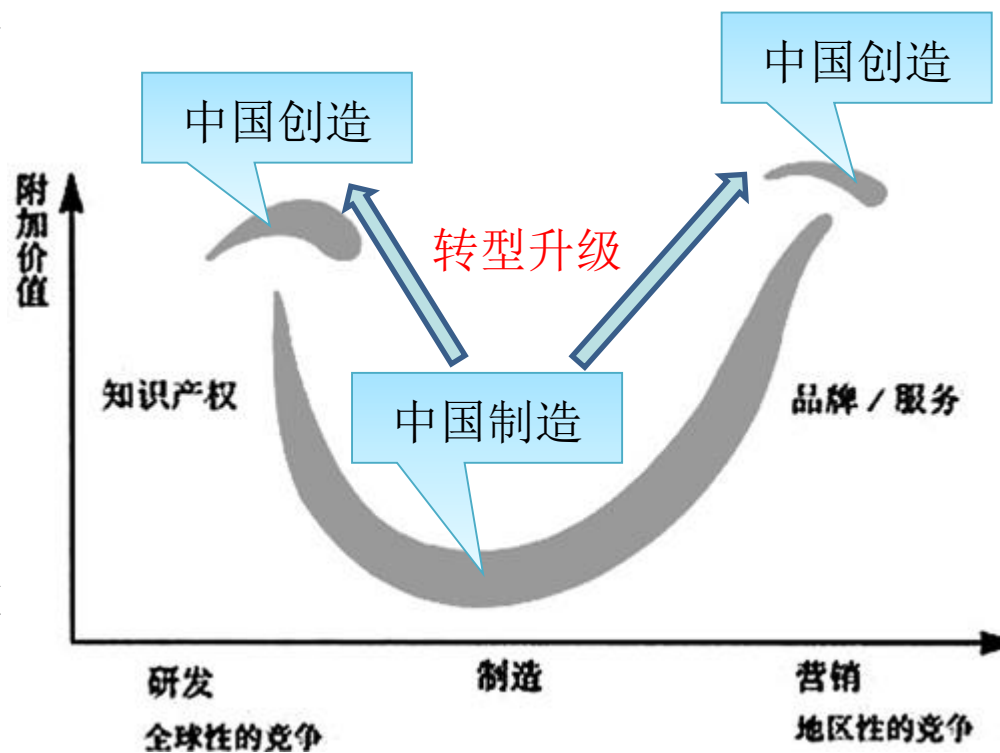
● 从“中国制造”到“中国创造”

➤ 人均劳动生产率远远落后于发达国家

国际劳工组织2010年的统计数据
显示，美国劳动力年平均创造
财富63855美元，我国仅为美
国的1/5

➤ 制造模式深受高能耗、高 污染、低技术含量、低产 品附加值的束缚

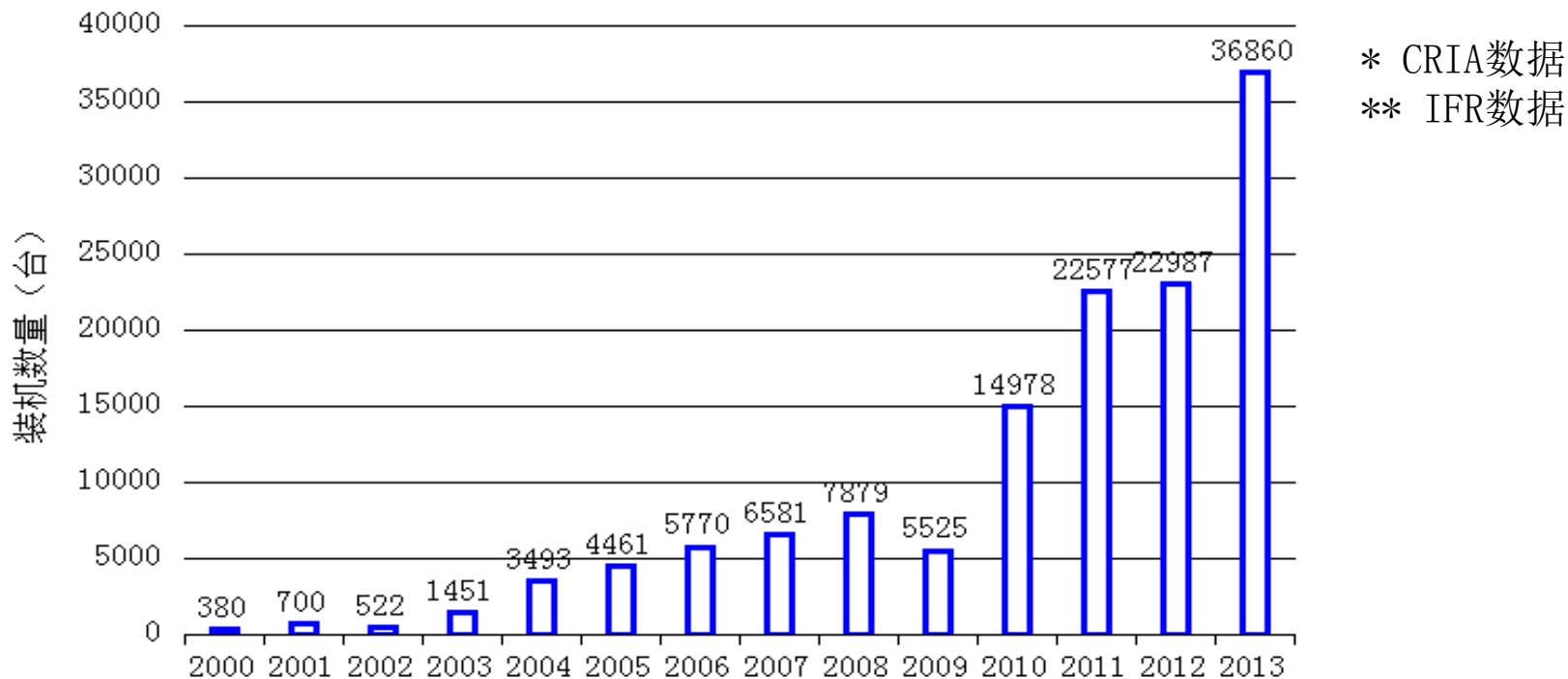
国家统计局2010年的统计数
据显示，单位GDP能耗是日本的8
倍，美国的4倍，印度与韩国的2
倍



产业链微笑曲线模型

2013年中国工业机器人市场状况

2013年中国工业机器人数量快速增长

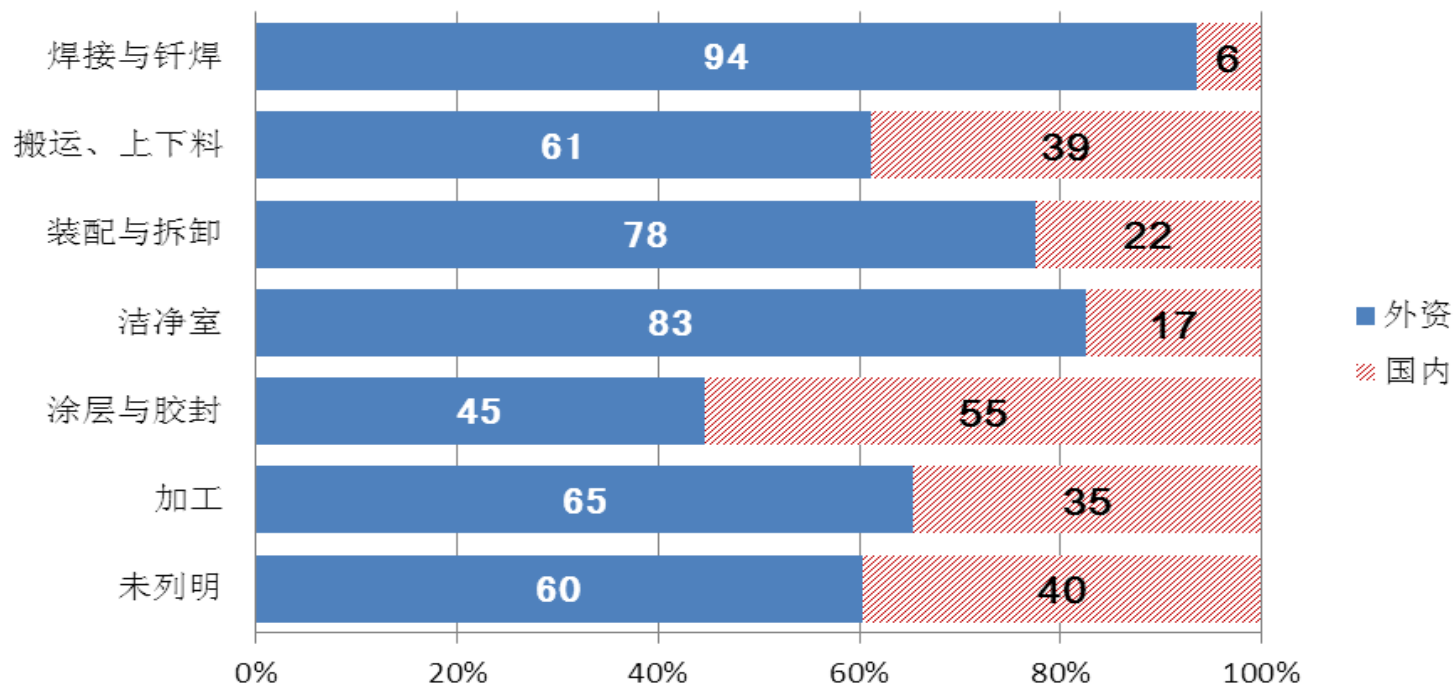


中国历年新增工业机器人装机量

- 中国企业在华销售工业机器人总量为9597台，较上年增长65.5%。*
- 外资企业在华销售工业机器人总量超过27000台，较上年增长20%**

2013年中国工业机器人市场状况

2013年中国工业机器人数量快速增长



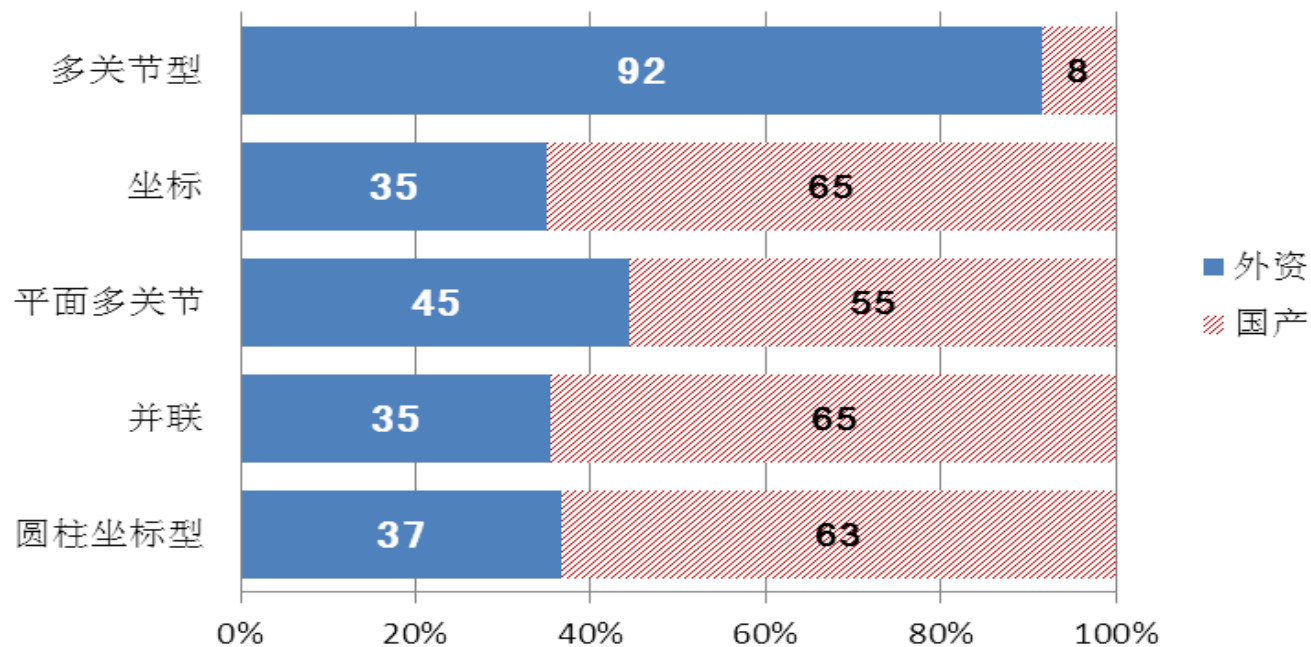
中国工业机器人市场内外资产品市场占比（按应用领域分）

- 焊接领域几乎被外资机器人所垄断
- 涂层与胶封领域国产机器人占据优势

国产工业机器人主要用于对性能要求相对较低的领域

2013年中国工业机器人市场状况

2013年中国工业机器人数量快速增长



中国工业机器人市场内外资产品市场占比（按结构分）

- 国产机器人以三、四轴的机器人为主
- 外资机器人以多关节机器人为主

国产工业机器人主体是单价较低的工业机器人

重新认识工业机器人

- 加强应用工艺及系统集成研究，带动国产化主机及零部件规模化发展，与此同时继续加强主机及核心零部件攻关投入
- 大企业注重技术合作、资源整合并购与国产化品牌，小企业注重专机开发与系统服务，竞合发展
- 以低成本及可靠性为目标，率先攻克通用6关节机器人、SCARA4关节机器人、物流搬运AGV与码垛机器人等应用工艺与产品，焊接、上下料、电子装配、危险作业等
- 挑战系统应用、主机质量、零部件成本、实用工具、方便示教

核心零部件是关键

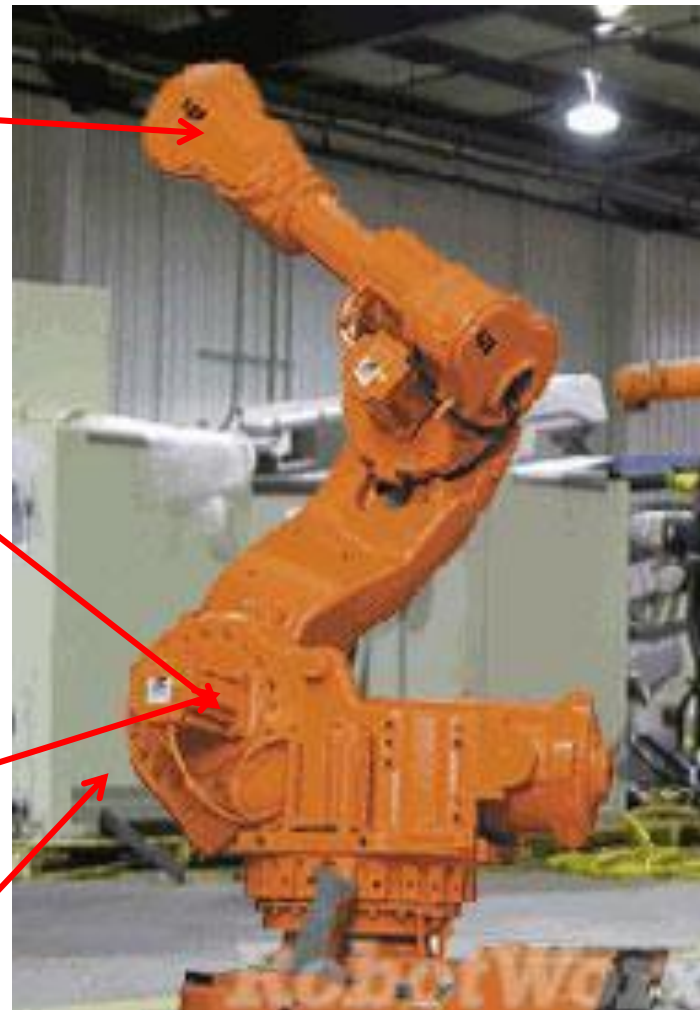
■ 是指构成机器人传动系统、控制系统和人机交互系统，对机器人性能起到关键影响作用，并具有通用性和模块化的部件单元。

■ 主要分成以下三部分：

◆ 高精度机器人减速机

◆ 高性能交直流伺服电机和驱动器

◆ 高性能机器人控制器



减速器是一种核心零部件

减速器是连接动力源和执行机构之间的机械传动中间装置，通常它把电动机、内燃机等高速运转轴的动力通过输入轴上的小齿轮啮合输出轴上的大齿轮来达到减速的目的，并传递更大的转矩。

目前成熟并标准化的减速器有：圆柱齿轮减速器、涡轮减速器、行星减速器、行星齿轮减速器、RV减速器、摆线针轮减速器和谐波减速器。

减速器是一种核心零部件

80-90年代以来，在新兴产业如航空航天、机器人和医疗器械等发展的需求下，需要结构简单紧凑、传递功率大、噪声低、传动平稳的高性能精密减速器，其中RV减速器和谐波减速器成为精密减速器中主流产品。



医学影像设备



工业机器人



卫星雷达及天线系统



转台



数控机床自动刀库

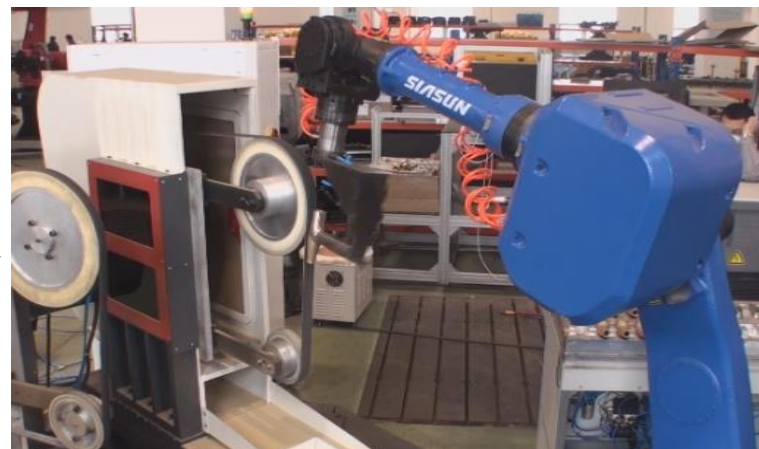
减速器是一种核心零部件

2013年全球工业关节类机器人减速器的出货量为73万台，同比增长6%。据上海机电的公告，日本的纳博特斯克2012年销售收入约30-40亿人民币、全球市场份额稳居60%。

国内率先出结果的南通振康、恒丰泰、绿的等花费时间也为4-6年，技术是没有捷径可走的，国内RV减速器现在的发展水平还停留在日本八十年代后期。

南通振康、绿的等去年的年产量是200多台，产品已被多家机器人厂商试用。

应用思考--低端行业，需要高智能工业机器人



卫浴五金（打磨抛光）

客户群特点：

生产方式非常落后；

行业领域非常广；

市场空间非常大；

对价格极其敏感

对机器人需求：

本体：防水、防尘、防爆...；

控制：力控制、离线编程...；

工艺：曲面规划、打磨工艺...

复杂程度远大于焊接等机器人



2012/05/07

富士康雄心勃勃的“百万台机器人计划”

- 富士康总裁郭台铭2011年提出了3年“100万台机器人计划”。
- 2006年前后，富士康考虑到许多危险工种以及招工越来越难，郭台铭总裁办公室就聘请了一批来自美国麻省理工实验室专家专职富士康机器人研发，于2007年1月15日专门成立自动化机器人事业处。
- 2009年，开发出了6个系列15款名为Foxbot，预计它们重点应用于堆栈、上下料取放、喷涂、输送、装配、搬运、小负载搬运、打磨、贴膜、抛光、油压等工序。



制造业再认识

- ◆ “制造业革命” 给机器人带来了巨大市场
 - ◆ Full Automation只占制造业岗位的很小一部分
 - ◆ 绝大多数都是由人承担：国际平均58/万人，中国25/万人（IFR2012）



Full Automation (完全自动化)



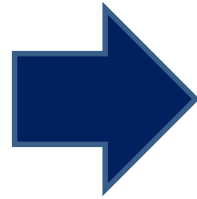
人工岗位



目前机器人占比：0.58%，总保有量约160万台

人工岗位占比：99.42%，每提高1%≈270万台！

由机器人市场数据引发的思考



**为什么制造业
99.42%/99.77%的工作
不能被机器人替代？**



机器人悖论

每万名制造业工人机器人保有量：
韩国：396；日本：332；德国：273；
世界平均水平：58(0.58%)；
中国：23(0.23%)；

**为什么替代这么少？
还有那些工作被替代？**

现在机器人能做什么？

精度、速度、负载

灵巧性工作？

现在的机器人是什么？

工业机械手

工业机械臂

精度、速度、负载

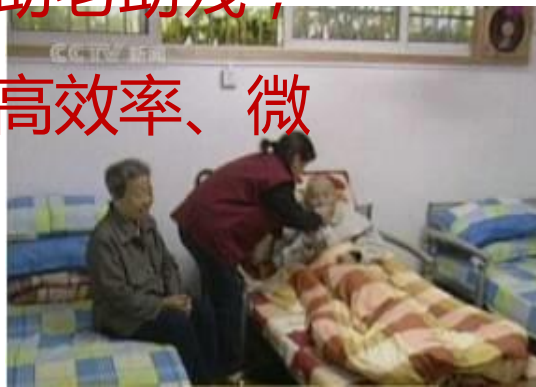
灵巧性工作

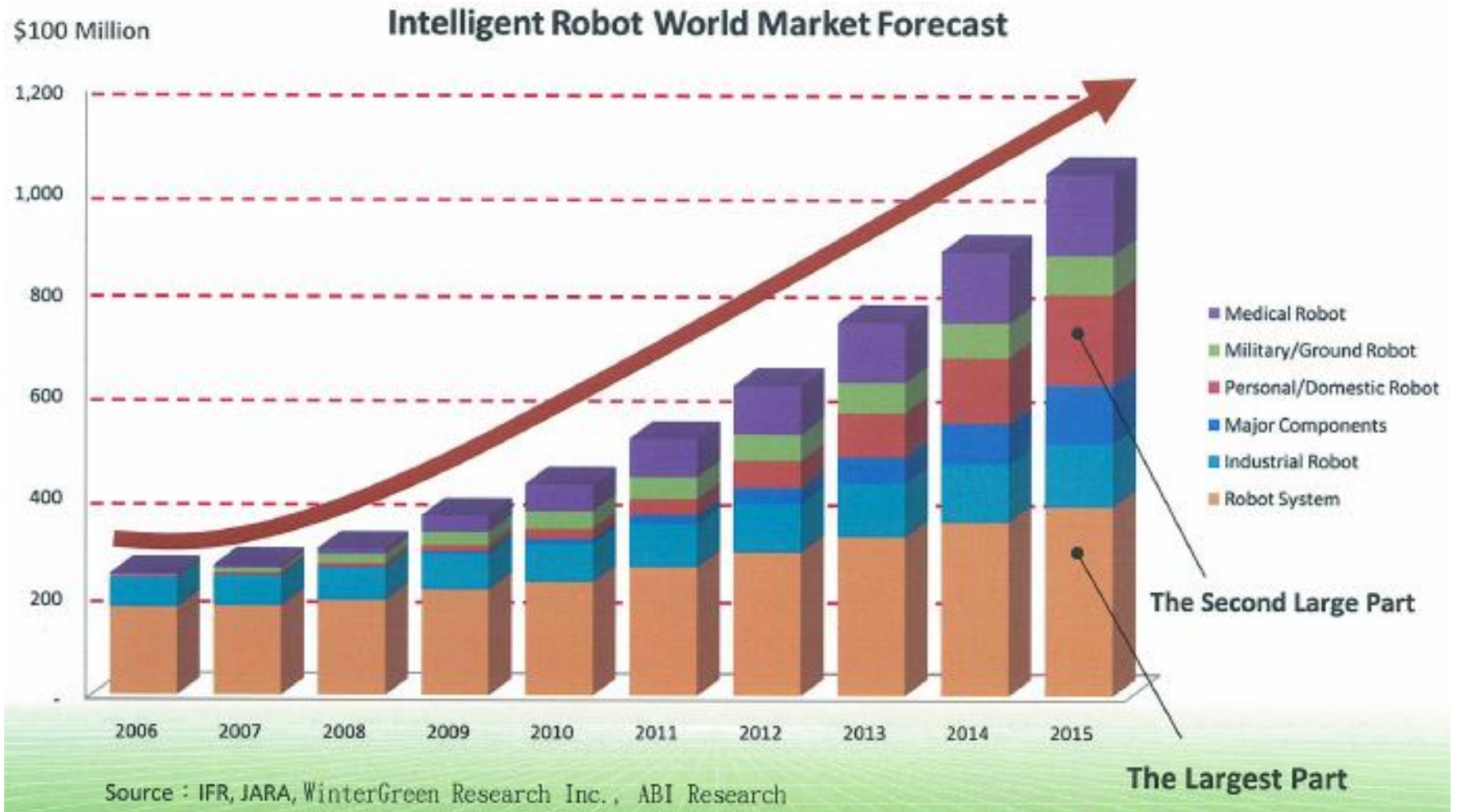
全球服务机器人现状分析

- 个人(或家庭)用服务机器人市场为**73**亿元，约**300**万台套，公共服务机器人市场为**208**亿元，约**1.6**万台套
- 根据**IFR**数据，仅用了**10**年时间，**2012**年全球服务机器人市场到达**280**亿美元，已经相当于现在工业机器人市场的**40-50%**。（整机机器人**170**亿美元，加工配套**500**亿美元）
- **2017**年预计全球服务机器人市场**超过461.8**亿美元，未来军用机器人**940**亿美元，**超过工业机器人主机市场规模**

民生服务的新需求

- 全世界**60**岁以上的老年人：
 - 1950年，2亿；1970年，3亿；2000年，6亿；
 - 2012年，8.1亿，占全世界总人口的11%；
 - 预计2050年，20.3亿，占总人口的22%。
 - 总人口可能还略有增加！
- 由谁来制造近百亿人的必需品？ --工业机器人！
- 由谁来照顾**20**亿老年人？ -- 专业服务机器人！！
 - 行为辅助、康复、助老助残；
 - 低创伤、易康复、高效率、微创/无创医疗





根据ABI的市场预测，2015年全球服务机器人市场规模将达到约200亿美元。

新一代机器人—机器人学与现代信息技术的结合体

Google的收购
行为给我们的
启示？



Bot & Dolly:
为好莱坞提供自动化机器人



Boston Dynamics:
为美国军方生产机器人



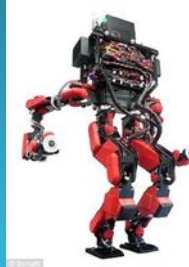
Holomni: 高性能滚轮系统



Industrial Perception:
引领未来的机器人视觉技术



Meka Robotics:
设计能够与人协作的机器人



Schaft: 生产强壮、造型紧凑的类人型机器人



2014.5月英国《卫报》刊登了谷歌两位联合创始人拉里·佩奇（Larry Page）和塞吉·布林（Sergey Brin）接受硅谷著名风险投资人维诺德·科斯拉（Vinod Khosla）专访

两位活力四射的黄金搭档已经共事了16年，**他们指出医疗（单2013年美国健康医疗市场就接近3万亿美元）、交通、机器人三大领域将成为谷歌未来业务拓展的重点。**

iRobot

美国 iRobot 公司于 1990 年由美国 MIT 人工智能实验室布鲁克斯等教授创立。

iRobot 主营清洁机器人 87.78% 收入、军用机器人 11.69% 收入等



从2002年推出第一款家用机器人产品开始，iRobot在全球60多个市场共售出超过1000万台家用机器人。2013年，iRobot总营收达4.87亿美元，市值达10亿美元以上，全球范围市场占有率亦超过50%，年均增长率25.18%。

乐高机器人



乐高在丹麦建立的世界最大机器人体验馆，乐高蝙蝠侠3动画片。目前，乐高在中国已拥有80家活动中心，为3至16岁的孩子提供不同阶段的学习课程，并兼具销售功能。

《乐高大电影》这部制作成本仅7000万美元的电影，在美国上映不到两周就创造了1.4亿美元的票房。

医疗外科与护理机器人

通用腹腔机器人系



FreeHand,

用途：腹腔手术，特点：**体积小价格低**

Freehand 2010 Ltd (英国)

Telelap ALF-X,

用途：腹腔手术，特点：**力反馈**

SOFAR S.p.A (意大利)



Da Vinci,

用途：**腹腔手术**

Intuitive Surgical, Inc. (美国)



SPORT,

用途：腹腔手术，特点：

单孔

Da Vinci的主要竞争者

Titan Medical Inc.

(加拿大)



STERIS

Ready. Place head in View Port to operate.

TRAINING INSTRUMENT: NOT FOR HUMAN USE

da Vinci

THE
COM
AND
MOO

无人驾驶车



目前无人驾驶汽车所需要的技术已经基本具备，这些技术包括以**雷达为基础的巡游控制系统、运动传感器、紧急刹车、路线变化报警装置和卫星数字地图。**

极速物流

亚马逊的开创人杰夫·白佐斯提出了**无人机送货**的主见，据称在半小时之后就能够把产品送到你的门口，以及AGV投资





重新认识服务机器人—嵌入融合

- 服务机器人产业正在形成并高速发展，本体、感知、控制等智能技术嵌入融合相关行业，分散发展，如信息家电、娱乐教育、智能交通、外科手术、危险作业等
- 没有固定的机器人形态，相关机构、感知、控制等关键技术分散发展，没有形成统一技术体系
- 实现一个通用、万能、高成本、高维护的智能服务机器人系统，是不现实
- 挑战问题，开拓需求，明确形态，技术突破，投资推动

今天产业

明天产业

类别	工业机器人	服务机器人
现状	工业需求强劲，大企业制造基础及零部件 小企业，利润较薄	特定领域牵引，小企业，高成长性 分散发展
产品	装备须定制二次开发，产品结构清楚（关节与移动），要求高可靠性	发现与创造服务需求 使用、娱乐消费品 人机交互方便使用
技术	产品、技术与体系明确，重点工艺、机构、电机伺服、减速器、控制软件等	产品与技术没有统一或明确形态，灵巧手、自主移动、人工智能等有待突破

期待着多学科交叉技术的突破

多模式脑机接口技术

认知、联想、智能发育技术

生物反馈技术

知识学习、存储、积累技术

仿生视觉技术

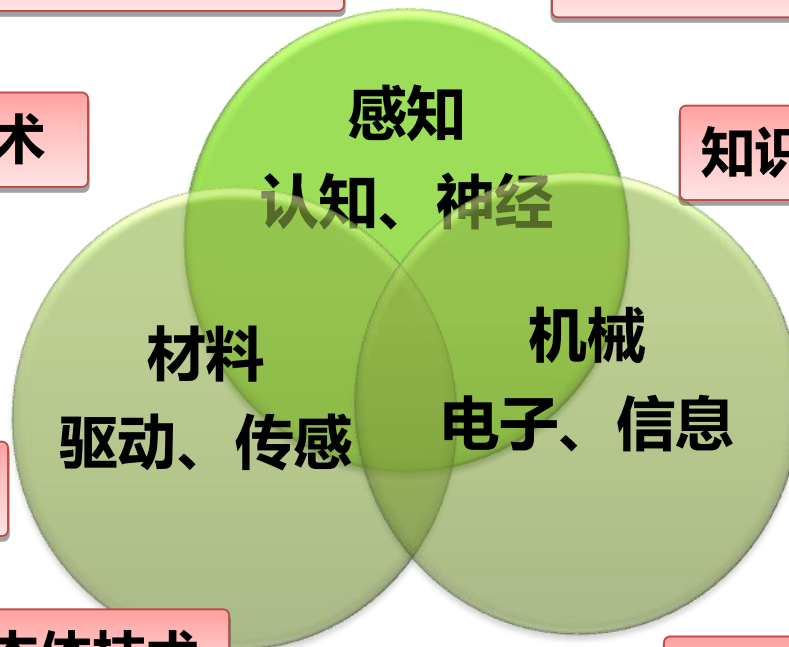
软体/柔顺控制技术

类皮肤感知阵列技术

网络化与信息技术

类肌肉材料、驱动、本体技术

视听触觉与动作交互技术



技术发展趋势--机器*人

- 机器人灵巧作业、环境适应、认知学习挑战性的前沿问题
- 机器人，人工柔体肌肉驱动，新材料，本体、感知与驱动一体化，执行器
- 机器人，感知识别，人工智能，脑控与脑认知
- 机器人，人机物，作业与服务的协调，多机器人，多模态人机交互

新一代工业机器人技术发展思考？

1. 复杂任务灵巧操作？无编程的人机交互示教？进一步降低成本？提升工业机器人应用范围，
2. 感知变化环境，适应可变作业任务，自学习积累过去工作经验？人机物交互共融？可变环境、可变任务的双臂手工业机器人？
3. 单机，多机，无人化车间？

机器人技术发展趋势

现在工业机器人

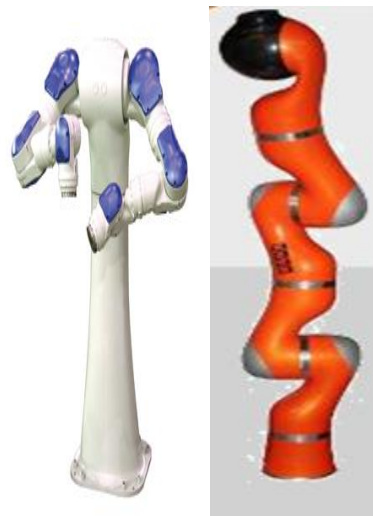


示教再现



传感、网络

下一代机器人



柔性臂/双臂、
人机协同



工业物联网
大数据

智能性、易用性、安全性、交互性

从产品到解决方案的思考



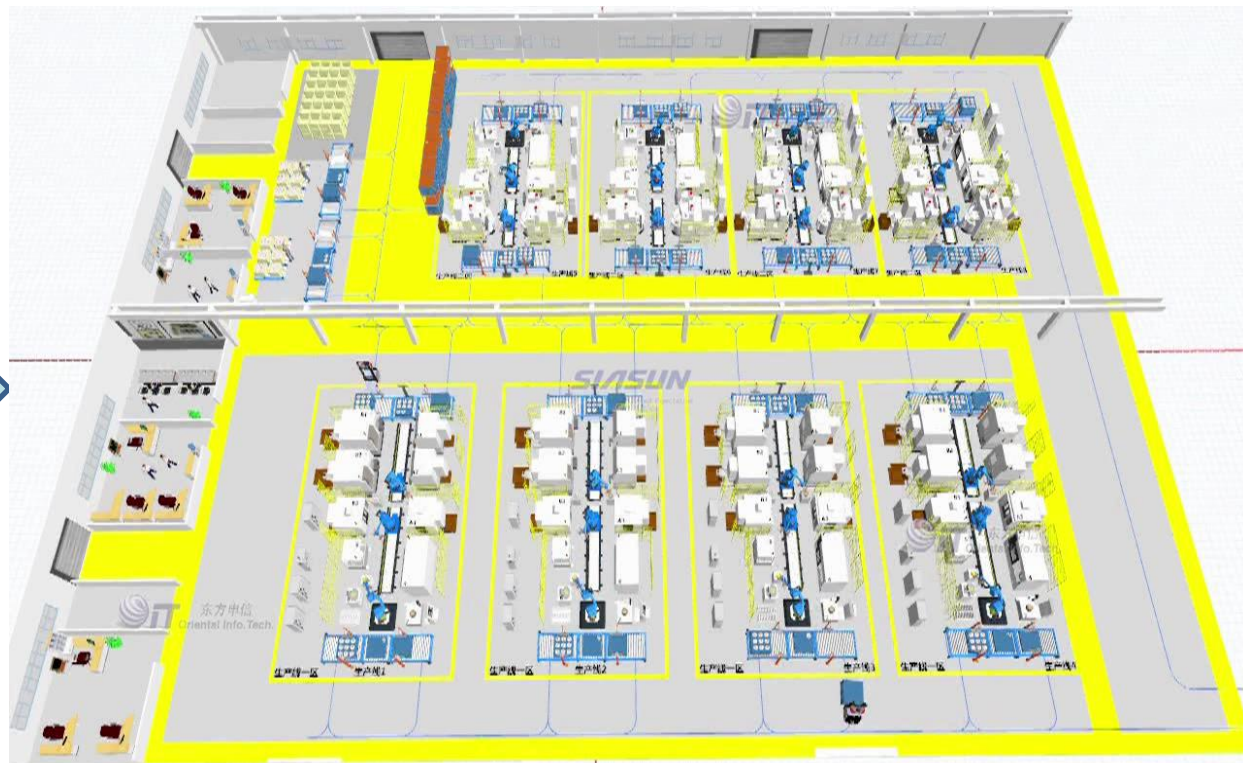
机器人点焊系统



汽车总装线AGV



机器人机床上下料



新松机器人数字化工厂

从“机器人”到“数字化工厂”

脑认知人工智能技术与神经芯片

这方面研究涉及脑图谱、脑认知、生物医学工程、嵌入式神经元控制、3D打印生物组织等，目的在于获得脑生肌电等信息用于脑认知活动规律、基因组编辑、图像识别与理解、神经芯片结构、非结构环境实时规划导航等智能行为。

这方面的突破对我国生物医学、医疗健康、仿生生物机器人以及工业、特种和家庭机器人推广应用具有重要的战略性和前瞻性意义。

生物力学与软体机器人



Stephen Morin *et al.*,
Science, 2012;
Kevin Ma, *et al.*,
Science, 2013;
Sam Felton, *et al.*,
Science, 2014;

国际上软体机器人(Soft Robotics) 研究于2012年起源于美国哈佛大学，其在两年内取得了迅速的发展，相关的基础研究已引起世界各科技强国的顶级高校的高度重视，如美国的哈佛大学，麻省理工学院；瑞士联邦理工学院等。其结合了**生物力学、高分子材料、先进制造技术、智能控制等**几项关键技术，对进一步加强工业、医疗、服务等领域的设备与机器人有重要的意义。

机器人发展的再认识

- 机器人是一种可编程的、完成重复作业的自动化机器？
- 机器人是一种完全不需要人干预的全智能体？
- 融入人正常生产、生活的具有一定自主行为能力的伙伴！

人+机器人

>>

人or 机器人

- 机器人的能力优势
 - 速度、精度
 - 负重能力
 - 重复一致性
 - 疲劳与作业时间

• 人的能力优势

- 思维与逻辑推理
- 学习与技能递进
- 经验与实时决策
- 交互、协作与安全

嵌入融合的热点领域

- **家政服务与互联网机器人**：扫地、监控、擦窗、家务等信息家电、家政服务、教育娱乐等
- **医疗康复机器人与大数据服务**：医疗外科手术、智能假肢、陪护机器人、智能家居、服务社区等
- **智能交通工具与物联网**：绿色出行的智能代步工具与汽车，无人车、无人船、无人机等
- **特种作业装备与遥操作**：精准农业装备、水下与地下资源开采、核工业服务、空间探测、危险作业、国防应用等机器人

嵌入融合创新

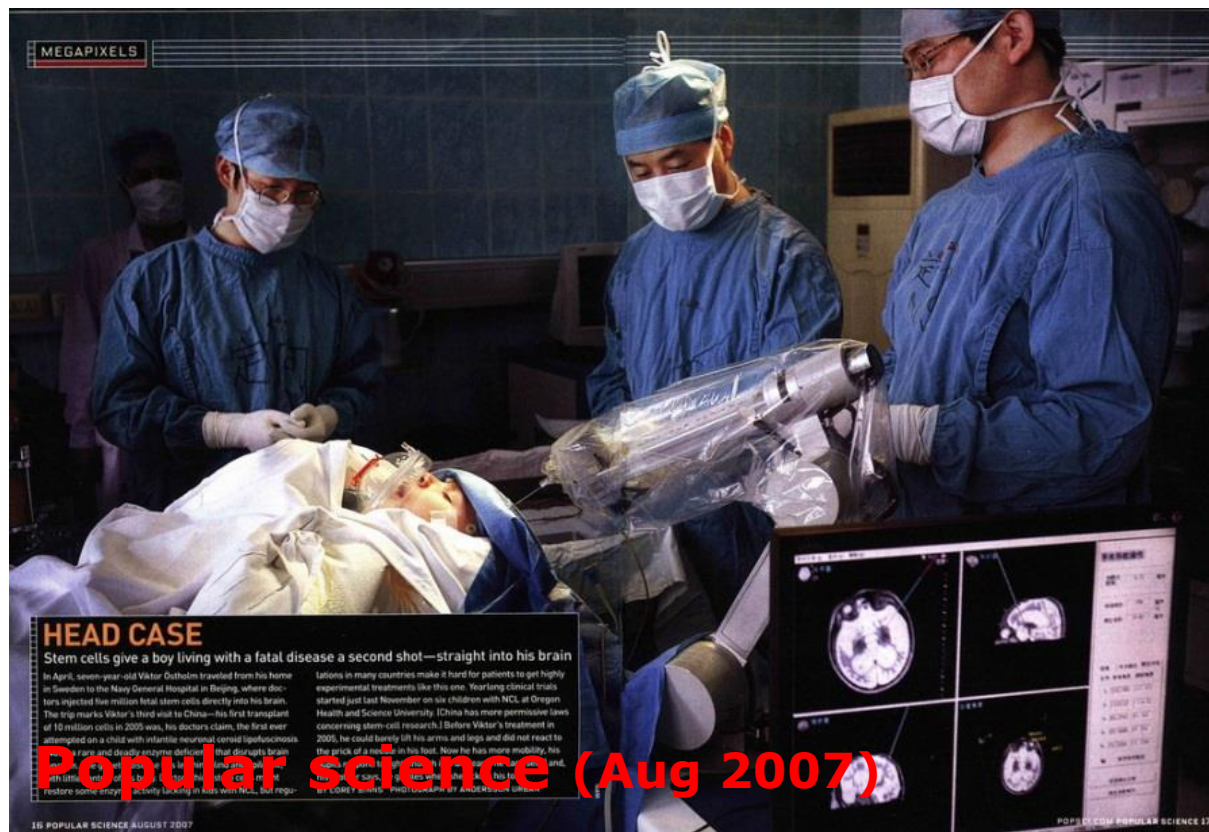
- 智能材料与工艺过程创新
- 脑认知与人工智能
- 人机物融合，多机协作



开展了机器人辅助外科手术临床应用

NeuroSurgery

医疗外科机器人在北京海军总医院、北京积水潭医院、北京解放军301医院等临床应用5000例以上，并获得了医疗许可证、北京市医保等。



绿色短途代步机器人— 明星的新宠，优品的标志



纳恩博—短途代步机器人 (2014)

美丽的捷克布拉格广场



浪漫的法国巴黎郊外



普通的挪威家庭



高端的德国展会





秘的南极
Mysterious Antarctica



南极，是人类最后到达的大陆，也叫“第七大陆”。位于地球最南周濒太平洋、印度洋和大西洋。是世界上地理纬度最高的一个洲。面约占世界陆地总面积的9.4%。由围绕南极的大陆、陆缘冰和岛屿组成。陆缘冰面积158.2万平方千米，岛屿面积7.6万平方千米。

南极分东南极洲和西南极洲两部分。东南极洲从西经30°向东延伸

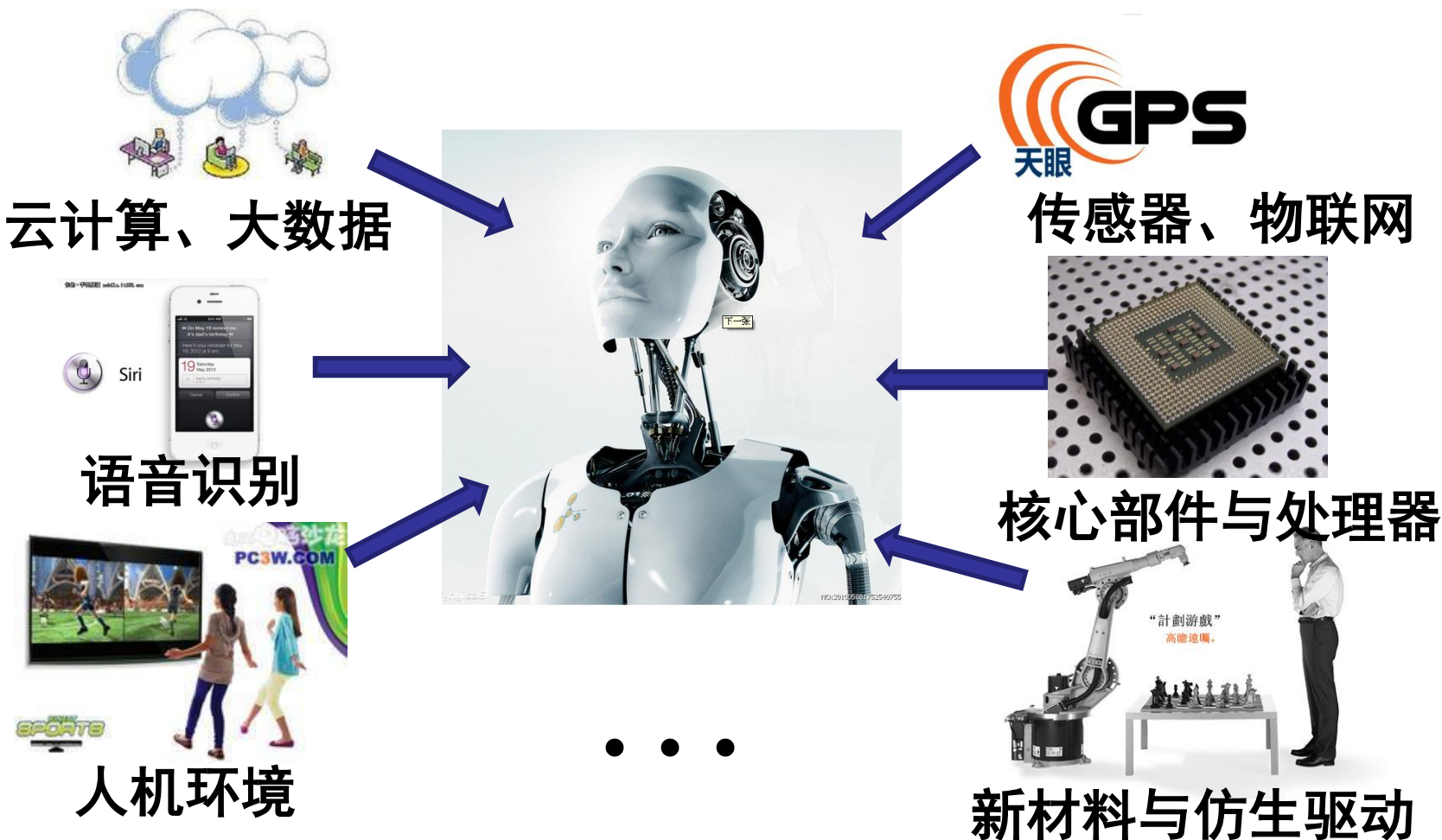
南极洲环境极其恶劣





嵌入融合---创新的春天

新材料、微电子、通信、计算机、人工智能、控制和移动互联网、大数据等学科的突飞猛进，为机器人技术与产业高速发展提供了重要支撑



敬请评判指正!

