



对机器人技术进步的思考

王天然

2015.4



中国机器人热潮背景

- 信息技术涌现，促进智能制造，机器人是制造业智能化的支撑装备

Global Agenda

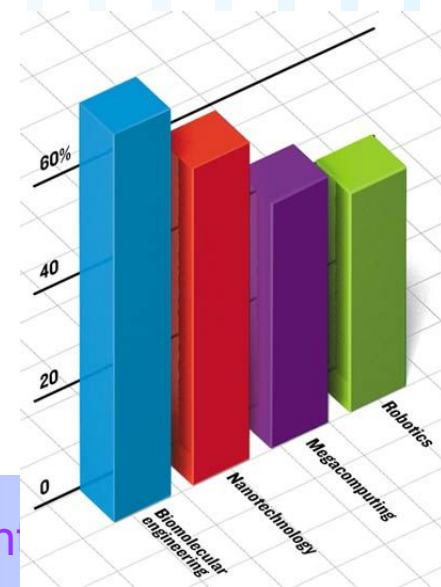
Top 10 Emerging
Technologies of 2015

下一代机器人

- 麦肯锡全球研究所发布的《引领全球经济变革的颠覆性技术》报告，将

先进机器人列入12项技术之中

- 英国《经济学人》的专题报告中机器人等引领第三次工业革命





中国机器人热潮背景

- 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?”



2011.6

Advanced Manufacturing Partnership

2011.7

National Robotics Initiative

2012.2

National Strategic Plan for Advanced Manufacturing

2012.3

National Network for Manufacturing Innovation

2012.8

National Additive Manufacturing Innovation Institute

2013

Centers of Excellence, COE

2014.6

Making in America: U.S. Manufacturing Entrepreneurship and Innovation

中国科学院沈阳自动化研究所

<http://www.sia.ac.cn>



中国机器人热潮背景

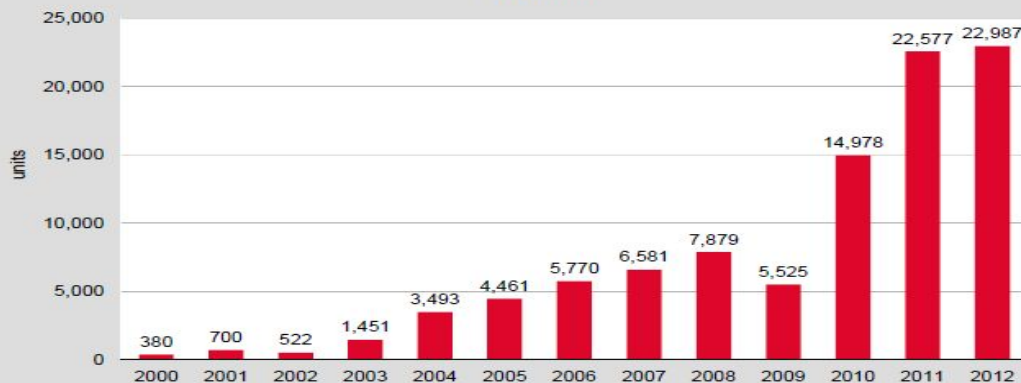
实际需求快速增长

2013年中国大机器人销量36860增长41%
已经超越日本成为全球
第一大市场



资料来源：国际机器人联合会、中国机器人产业联盟

Estimated annual supply of industrial robots in China

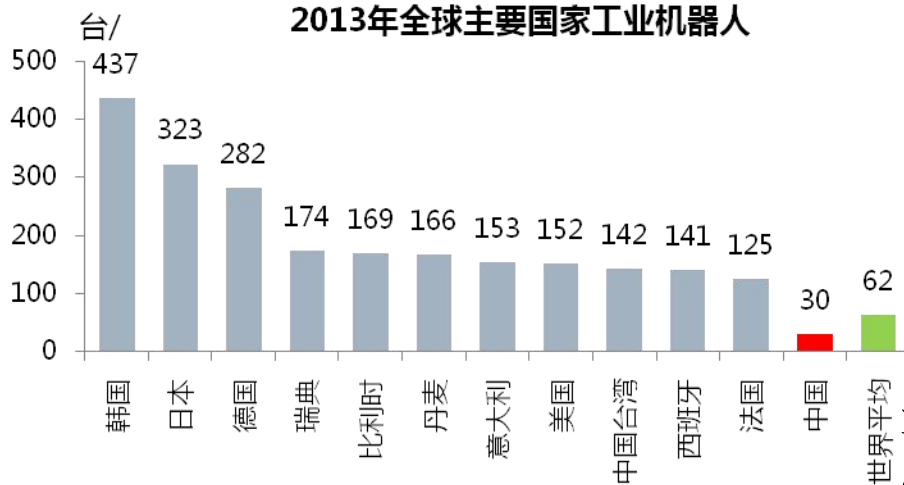




中国机器人热潮背景

巨大发展空间

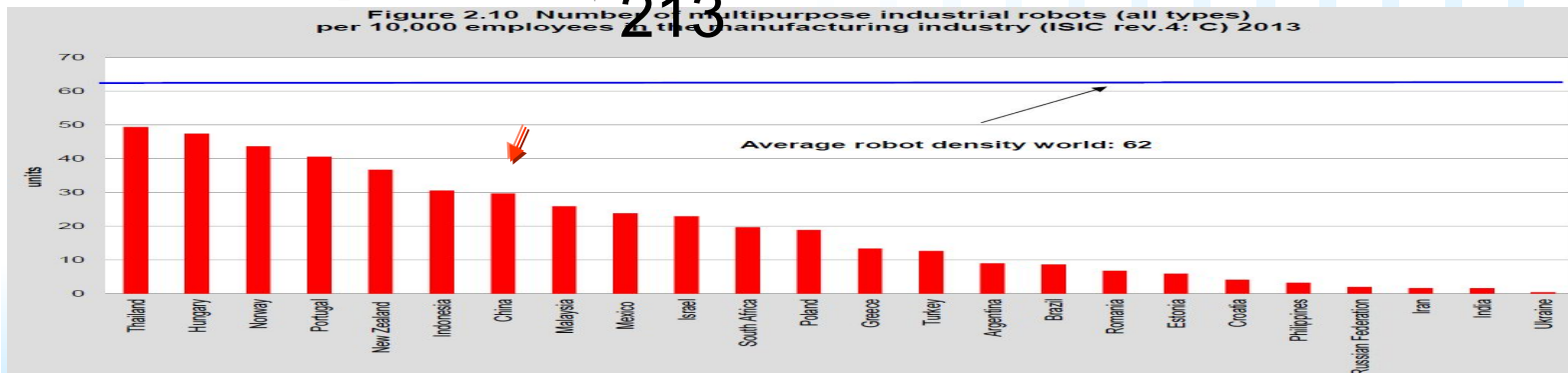
2013年全球主要国家工业机器人



韩国最高，达到437台，日本、德国分别为323台和282台。世界平均水平62台。我们是30台，刚刚超过马来西亚，落后于泰国和印度尼西亚

汽车1000台/2009年51台到2012年213

Figure 2.10 Number of multipurpose industrial robots (all types) per 10,000 employees in the manufacturing industry (ISIC rev.4: C) 2013





中国机器人热潮背景

发展的需要

- 我国现时经济环境变化之需
 - 劳动力短缺与劳动者工资的上升，
形成劳动力成本上升



中国机器人热潮背景 发展的需要

- 我国制造业的转型与升级之需，
---提高效率，提高灵活性
制造业水平和效率还是很低，
制造业人均产值还是不到日本
的一半



中国机器人热潮背景

发展的需要

- 迈向制造强国

——借力技术进步， ——智能制造
技术进步不以人的意志转移

印度制造、泰国制造

目前中国的情况和30年前的日本非常相似：
经济高速增长，劳动力短缺。日本机器人产业
在20世纪70-90年代产业升级和政策支持：成
机器人王国、制造强

（就业人口一直保持在5000-6000万人）



中国机器人热潮背景

**在技术进步和需求增长促进下
中国掀起机器人热潮：**

- 机器人园区
- 机器人企业，雨后春笋



中国机器人热潮背景

IFR 认为中国

- 1、缺少技术创新；缺少创新思想和创造性成就，如传感器和先进控制等核心技术依赖国外
- 2、没有可以参与国际竞争的骨干企业，都是很小规模公司和小、散而且弱的组织结构；
- 3、基础薄弱，国产的高端、特殊的传感器、智能仪表、自动控制系统、数控系统和机器人的市场占有率低于5%；
- 4、关键部件品质和可靠性落后世界先进水平5-10年

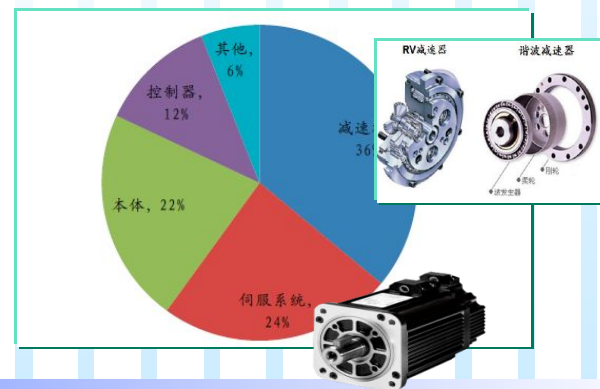


产业基础

- 掌握了工业机器人的设计和技术
 - 工业机器人企业在发展之中，
 - 先驱企业走上自主发展之路
 - 服务机器人产业在孕育中
-
- 企业规模小，市场份额小
 - 部分关键部件还依赖进口
 - 创新不足



- 积极的产业政策
- 积极补强短项
- 积极创新
---提高竞争力之根本



积极发展机器人产业

加强创新研究

赶上机器



人前进的步伐

- 机器人自诞生以来，取得巨大技术进步，工业机器人取得成功应用，扩展-派生-服务机器人
- “eater”，随着材料、信息技术的进步而进步，甚至“革命”



利用智能材料制造机器人，将带来机器人的革命！

——将不仅仅是机构的变化，包括控制等理论和方法都会变化



软体机器人



乔治亚技术研究院的化学肌肉扑翼机



需求牵引、技术驱动
——改善其不足，改变所不能



改善其不足(工业机器人)
—— 达到“即连即用”



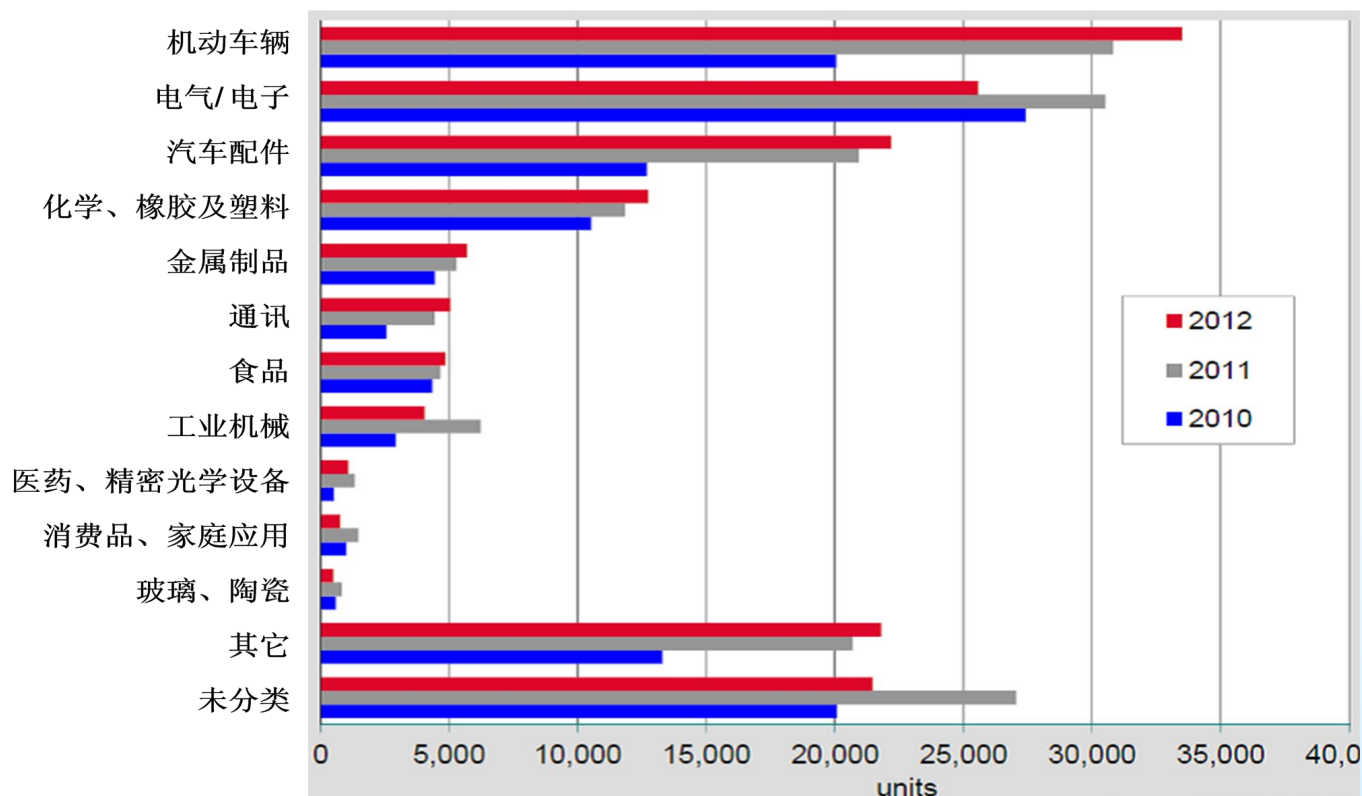
工业机器人技术的发展

1990-2000

- 重复精度 +61%
- 负载能力 +26%
- 速度 +39%
- 平均故障间隔 +137%
- 可控轴数 +45%
- 价格 -43%



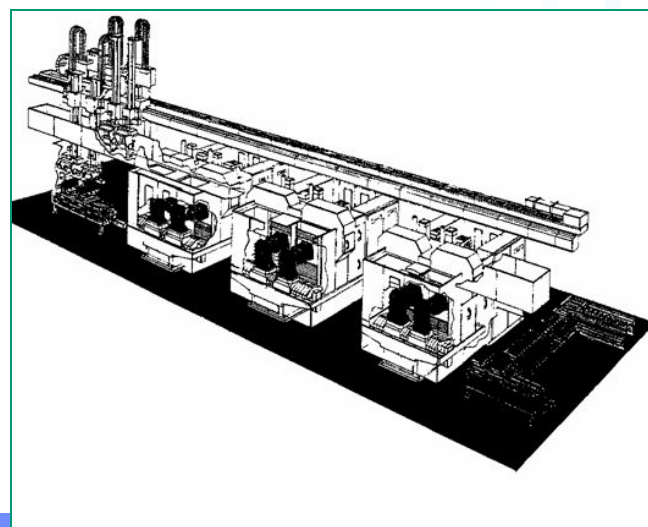
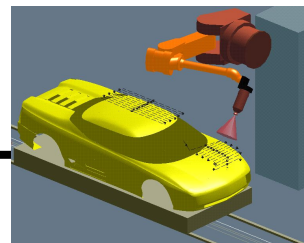
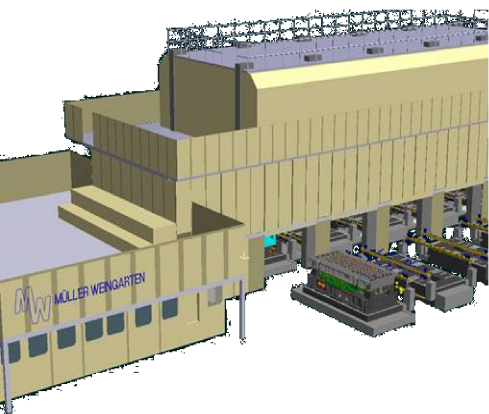
工业机器人面临的挑战



局限---有钱行业，高成本、大批量生产领域



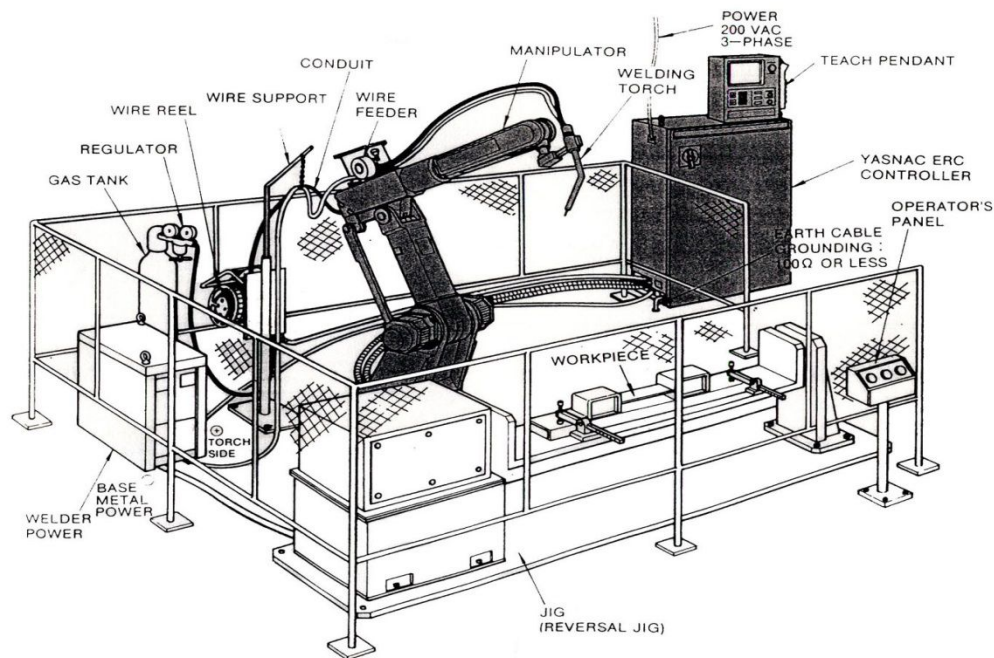
机器人参与了汽车生产 的所有制造过程



↑
动力系统



机器人的 独立 王国





灵活的智能制造

被市场逼的一产品生命周期越来越短

用户个性化要求越来越强烈

快速更换加工产品

快速变化工作单元

依据制造工艺，制造系统是把不同自动化等级的工作单元由传送带、或AGV车 或机器人连接在一起。各个部件应是无线联系的。将来要求3天之内完成一工作单元的重组。



- 更灵活的变更作业与更快的编写程序
- 更灵活的移动和更快的组成新的工作单元
- 适应更多种作业
- 更便宜

“走下神坛”

形成更灵活更高效的

“即连即用”

生产系统中的一个的部件



三维标定与编程自动化

关键技术之一精确确定工件和机器人的位置关系

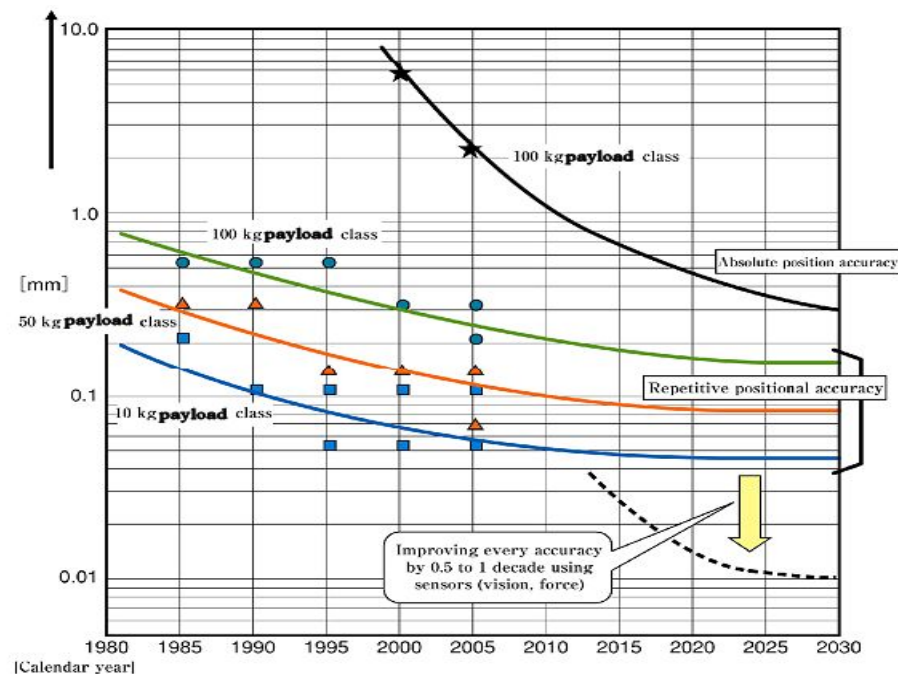
- 机器人移动，工作单元重组的需要
- 编程的需要

示教再现—重复定位精度

绝对定位精度的要求在加强，最好结果是接近重复定位精度。
但是如果工件的精度不够，整个系统也不会有好的效果



三 与编程



----日本机械协会报告

提高精度mm

	现在	到2030
年		
重复定位 10kg	0.06	0.03
100kg	0.3	0.2
绝对精度 100kg	2.0	0.3



三维标定与编程自动化

- 程序修改与自动化
 - 基于标定，校正自动编程的误差

基于传感器，搬运、安放（如装汽车玻璃）、和加工中，当工件在几何形状、加工参数、和顺序改变时能快速调整

- 依据标定，-利用网络（云）和知识库中已有程序
 - 依据工件的差别，生成新程序



作业工

灵活的作业工具与



GM Automatic Robotic Wheel & Tire Load



Shadow Robot Co.

18 DOF hand+wrist



DLR-HIT
Hands I & II

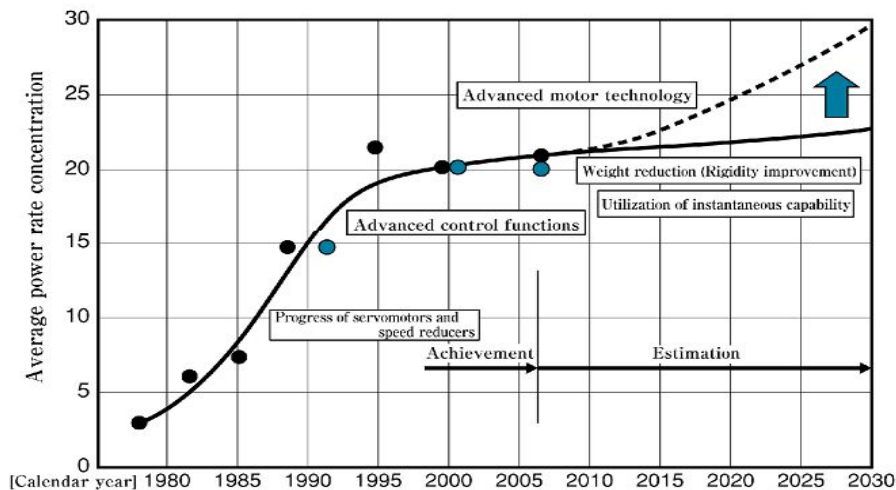
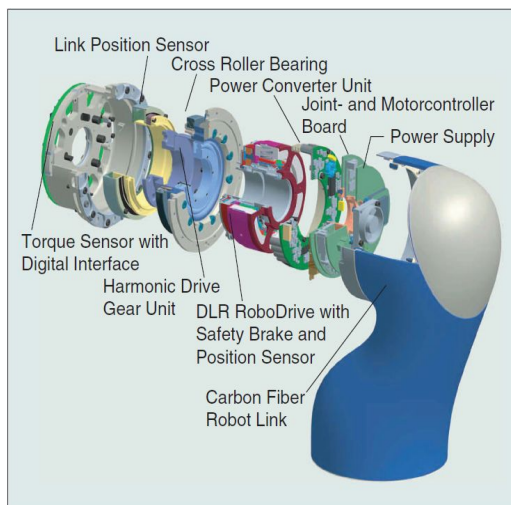
13 & 15 DOF



改善

• 降低重量/负载比

现在机器人的
重量/负载的比率为10---50
而机械臂的重量的60%
是驱动器。



日本机械协会报告

提高平均功率比

(mean power rate)

最高负荷扭矩与最大加速度（最大角速度/加速时间）乘积除以操纵器的总质量

The KUKA light-weight robot is the result of a long R&D-process towards an arm design with a weight-to-payload ratio of 1:1.





标准化与集成

- 易于移动（搬动）作业
- 方便移动

- 机器人与软硬制造工具

标准接

机器人和工具、过程控制集成
为一个随时可用的系统他将
刚度、力、速度测量与控制
结合为一身，易于加入生产线。
如激光焊接，组合激光器等工具，
如磨削等

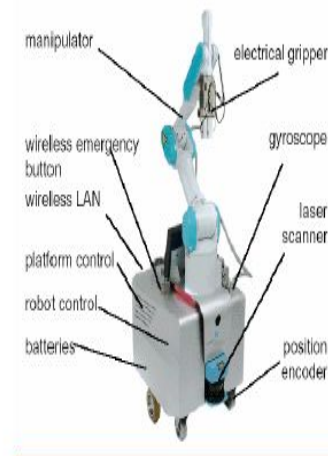
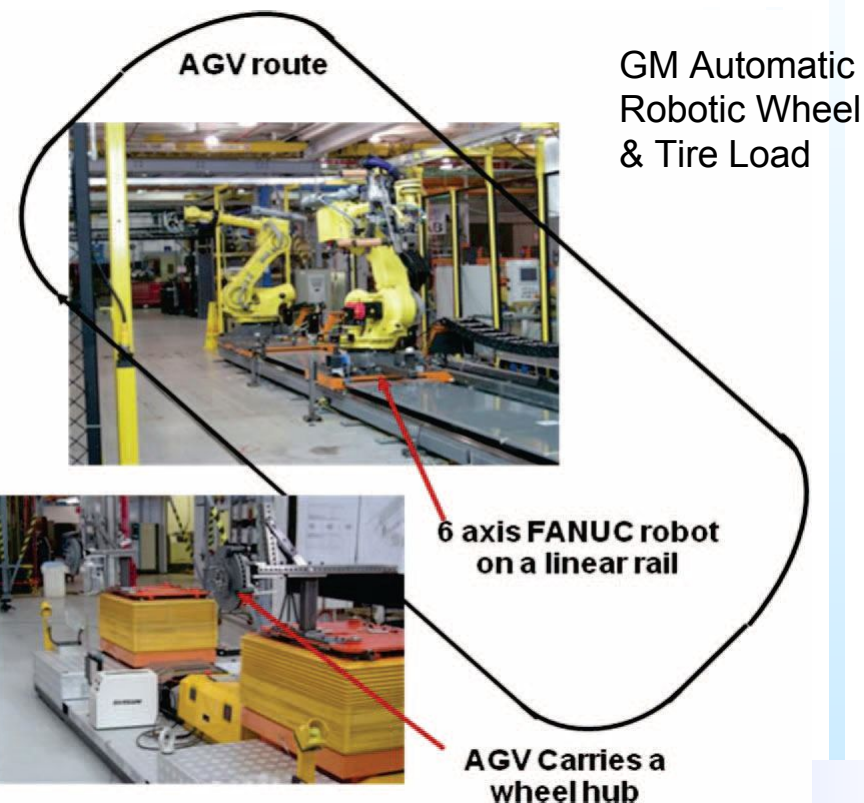


Figure 5 Structure of the Fraunhofer IPA robot assistant (rob@work)





对工业机器人技术的要求

走下神坛 成为生产系统中一个

- 易于变化作业,
- 易于组成新生产单元 (work cell) 和集成到生产系统之中的。

“即连即用” 的
生产部件



改变所不能 ——实现“人机融合”



- 人类发明机器，代替人的体力、部分脑力劳动，不是人离开了，是安全迫使人还在，人看着干
- 技术进步促使人“再进入”



面向将来的需求 --制造业发展的需求

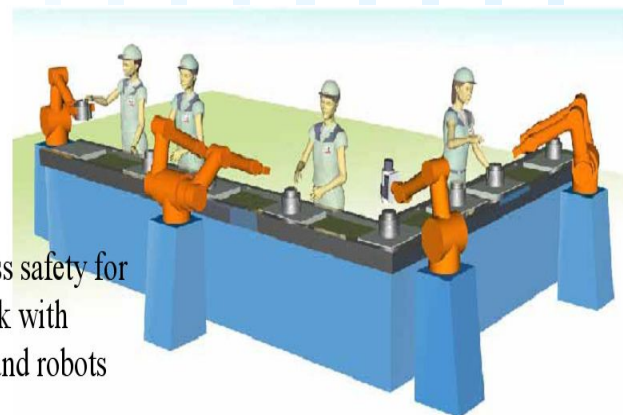
人类智能的灵活运用

经常面临自动化和人工作业的抉择

人机合作

(hybrid automation) 在很多行业将是效率与费用平衡的方法

人机协作，在完全人干和全自动化之间架起桥梁，知、认知、和体力，以达到优化过程质量、生产



Fence-less safety for
joint work with
humans and robots

工业机器人面

面临的挑战

- ◆ 针对非一致对象的制造，如再制造；
- ◆ 特种制造业（飞机装配、造船等）：
- ◆ 劳动密集型制造业：需要机器人，人机合作，降低人力成本





面向将来的需求 新应用领域

人机合作的需求

- 装配与拆卸：如：车辆、飞机、冰箱、洗衣机，其他消费品。完全自动化几乎不可能。机器人可以使人的体力放大
- 航空业：由于它的外形的可变性和现有机器人不足够精确，装配和质量检测自动化水平仍然很低。他们呼唤高精确、安全与人合作的机器人。
- 建筑等：在建筑、造桥、造船、火车、电站等领域对大型钢梁切割、钻孔、打磨、焊接等作业
- 批量比较小的企业



巨型企业高度关注

Steps Toward Autonomous Robots Working with People

The Future...

Humans & Robots
Working In Harmony

Social Understanding
of an eight year old

Manual Dexterity
of a six year old

Language Understanding
of a four year old

Object Recognition
of a two year old

Safe Interaction With
Humans and Understanding
of Knowledge State

Fine Object Manipulation with
Tactile and Force Feedback

Intuitive Human Interaction
with a Robot

Flexible Perception

Adapted from Rodney Brooks

The Start...
First 50 Years of
Industrial Robotics:



2008 - Global Production
Robot Fleet: 25,000
Units



1961 - First Production Robot
Application

中 GM

源自 GM News

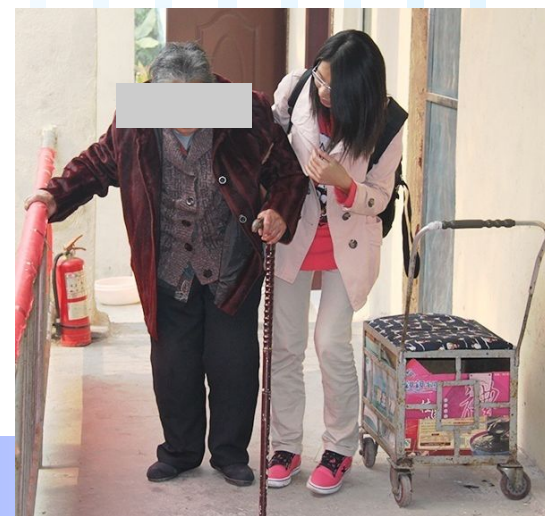
//www.sda.ac.cn



服务机器人面临的挑战

全球服务机器人未能如15年前预期发展

- **缺乏实时可靠的人机双向信息交互**
 - 机器人无法准确识别人体运动意图
 - 人无法灵活调整机器人的运动
- **无法提供与人体运动匹配的运动性能（变刚度、结构、个体适应）：**
 - 缺乏本质安全特征
 - 柔顺性、运动协调性、人体舒适度比较差
- **缺乏高效、高密度能源及动力装置**



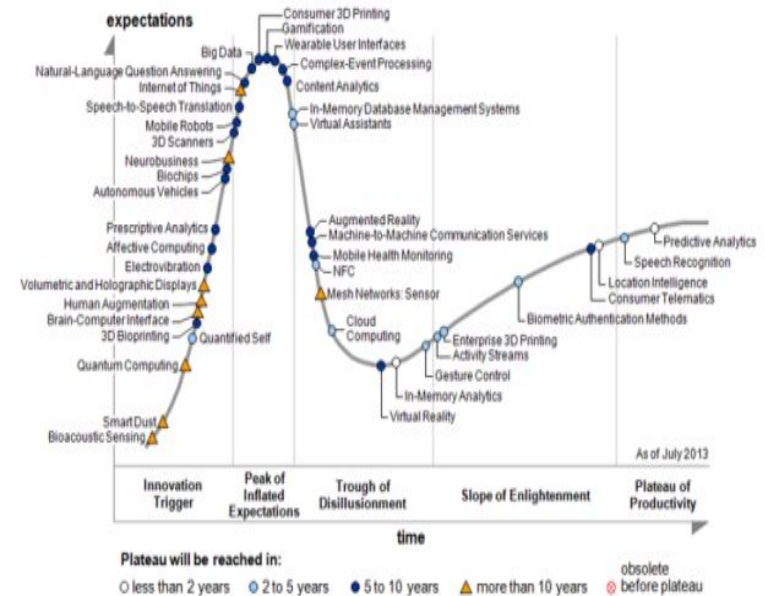


人--机关系成为关注的重点

◆ The 2013 Emerging Technologies Hype Cycle highlights technologies:

1. Augmenting humans with technology
2. Machines replacing humans
3. Humans and machines working alongside each other
4. Machines better understanding humans and the environment
5. Humans better understanding machines
6. Machines and humans becoming smarter

Figure 1. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2013



Source: Gartner August 2013



新一代机器人列入发达国家计划

- **美国** 2011年 提出National Robotics Initiative, 提出研制新一代与人合作的机器人, 投入5亿美元。

Create the next generation of robots that will work closely with human operators : allowing new ability for factory workers, healthcare providers, soldiers, surgeons and astronauts to carry out key hard-to-do tasks.

- **德国/欧盟:**

- 工业4.0、CPS
- Robotics 2020: Strategic Research Agenda /Horizon 2020/Robotics PPP: 欧盟投入7亿欧元 (2014-2020), 产业投入21亿欧元。

Robotic co-worker
in industrial
and domestic
environments

safe interaction (actively
supervised); passively compliant
arms (pneumatics)

intuitive interaction,
passively compliant arms
(mechatronics)

cognition (co-worker
modelling); avoiding critical
situations by situation
assessment / prediction



Global Agenda

Top 10 Emerging Technologies of 2015



Fuel cell vehicles
Next-generation robotics
Recyclable thermoset plastics
Precise genetic-engineering techniques
Additive manufacturing
Emergent artificial intelligence
Distributed manufacturing
'Sense and avoid' drones
Neuromorphic technology
Digital genome

Next-generation robotics

new-generation robotic machines are likely to collaborate with humans rather than replace them and respond to its environment more adaptive and flexible



工业机器人面临的挑战

◆ 现有机器人难与人合作



现有工业机器人

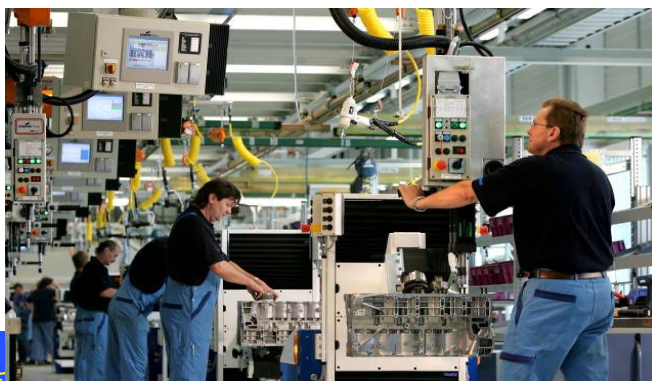
无法与工人高效交流

缺乏本质安全机制

在线感知能力远低于人

无法接收抽象命令

操作灵活性无法与人配合



“与人共融”机器人 ——新一代机器人的

本质特征

机器人

重复作业



作业对象及结构化环境(人工)

人类助手



人及其非结构化环境
(非人工)

物理空间隔离

与人非接触

自主能力预编程

示教盒、遥控器交互

同一自然空间

与人自然交互

配合人的需求

学习人的技能

与人协调互补

确保人机物安全

与人共融



新一代机器人的技术特征

➤ 与人共融，重新定义机器人与人的关系：

从**奴仆-主人 (Slave-Master)** 向**合作伙伴 (Partner-Partner)** 转

变

机器人

人

From Slave to Partner

From Master to Partner

与人
共融



机器人感知人
机器人理解人
机器人帮助人
.....

人感知机器人
人理解机器人
人帮助机器人
.....



人-机器人感知、决策和行为的共融



关键技术

与人共融机器人

任务融合
行为融合
智能融合

- 机器人对人行行为和共享环境的感知与理解
- 行为合作的机器人机构
- 人机互助优化决策
- 行为方式与安全机制
- 人机自然交互



现实努力

通过示范使机器人获取技巧和编程

将来对机器人示教应当像一个人向他的同事指示应该干什么一样简单，也就是通过语言和手势。完全不同于现在的工业机器人示教。





现实努力

通过对人行为的觉察与理解
人的意图、指示、要求和行为

觉察和感知人体的某个部分和
手势与姿势，依据前后关系理解和
预测人的行为





现实努力



德国 KUKA-DLR 联合研制的 LWR-IV



美国 Rethink 公司研制的 Baxter





现实努力



瑞士 Hocoma 公司研
下肢康复机器人。



司研制的 ARMin III

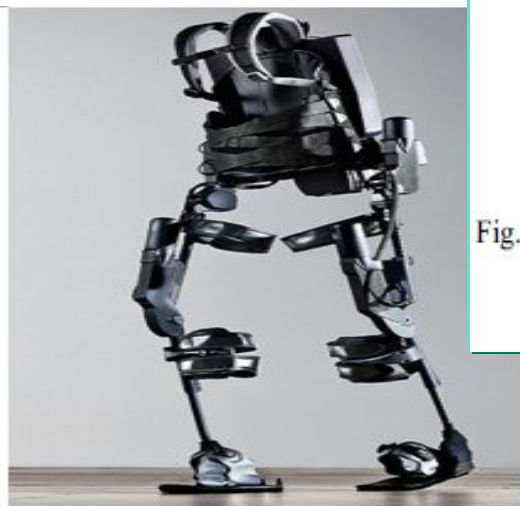


(a)

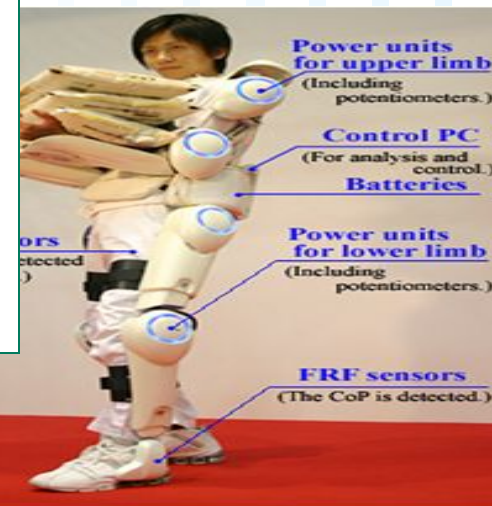


(b)

Fig. 1. (a) Entire design of the wearable robot, (b) The proposed robot-human integrated exoskeleton model - IMPH8



美国 Ekso Bionics 公司研制
的下肢行为辅助机器人。



日本 Cyberdyne 公司研制的
Hybrid Assistive Limb。



结束语

- 机器人的应用广泛，将有各种各样发展
- 相关学科的进步促进机器人的发展，材料科学的进步，或许会带来机器人学的革命
- 工业机器人将向“即连即用”、向与人共融发展
- 与人共融将是下一代机器人的本质特征



谢谢

wtr@sia.cn