

中国制造将进入机器人时代

——兼述汽车制造关键自动化装备概况

机械科学研究总院 陈长年

2012.11.7 广州

报告要目



(一) 工业机器人研究背景

(二) 车身制造关键自动化装备概述

(三) 发动机制造关键自动化装备概述

(四) 汽车工业机器人的发展前景

(五) 关键智能部件

一、工业机器人研究背景

- 一位美国学者眼中“中国制造”前景

“中国制造”大概只能维持**3**年的相对优势。

1、平均工资和福利：2005-2010年中国工人平均工资和福利上涨**19%**，而同期美国工厂工人的成本仅上升**4%**。

2、生产效率：美国自动化程度高，因此,同期中国生产效率增速只有美国的一半,，因此造成中国劳动力单位成本的上升。

目前，年收入过**10**亿美元的美国公司中，将有三分之一计划或考虑将制造业搬回美国。

中国制造进入机器人时代的必然性

- 中国制造开始进入机器人时代
- 上世纪九十年代，数百种中国制造的产品数量世界第一，西方有人惊呼，世界进入中国制造时代。但是，直到目前，中国制造模式基本停留在制造业的初级阶段---规模经济型的“数量时代”。特点是大批量、低成本，后遗症是三高---高污染、高耗能、高耗材。
- 当我国告别了廉价劳动力时代、同时环保、节能成为经济发展的主题后，产业升级的必然结果是发展自动化、智能制造，大量采用机器人和各种自动化装备代替人工。
- 工业机器人作为智能制造中的核心装备，最能体现智能制造高端、智能的特点。数据显示，“十一五”期间中国工业机器人市场年增长30%，累计安装量已达5万台。2010年开始，中国工业机器人需求进一步激增，较2009年增长了1.71倍，当年工业机器人保有量达到52290台；2011年，我国工业机器人销量22600台，同比增长51%，增速保持世界第一，成为继日本、韩国之后的全球第三大工业机器人市场。劳动力成本上升、中国产业升级对高端装备的强劲需求将推动工业机器人应用持续快速发展。预计到2014年，我国将成为全球最大的工业机器人需求国。

汽车制造是机器人最大市场

- 汽车工业是工业机器人最大的应用领域，占市场**50%**以上，对工业机器人发展的带动作用最强。
- 用于车身四大工艺—冲压自动线、总装自动线、焊装自动线、涂装自动线的机器人，有万台左右需求。
- 用于各种零部件生产线上下料的机器人和桁架式机械手，有数万台需求。
- 用于汽车零部件装配及液体物质的填充，如车门、仪表盘、前后挡板、车灯、汽车电池、座椅，发动机的装配等的各种机械手也有数万台需求；
- 同时，我国汽车工业对机器人、机械手的需求尚处于起步阶段，与发达国家差距巨大。

-
- 发达国家广泛应用机器人自动化生产线，已形成了巨大产业，年市场容量约为**1000**亿美元。
 - 国际上著名公司**ABB、KUKA、FANUC、安川、村田**等都是机器人自动化生产线及物流与仓储自动化设备的集成供应商。



ABB机器人和柔性总拼落户长城汽车天津新厂



FANUC焊接机器人

-
- 我国汽车工业对机器人、机械手的需求尚处于起步阶段，与发达国家差距巨大。
 - 目前，我国机器人产业规模很小，还没有**100**亿元规模的企业出现。缺乏机器人自动线集成供应商。因而发展潜力巨大。

机器人应用快速发展实例

- 江苏徐州经济开发区亚洲最大的工程机械机器人焊接生产基地。已建成拥有**24**台机器人的两条柔性焊接智能生产线。集聚了包括徐工集团、徐州华恒、海伦哲等十多家机器人为主导的新兴制造企业，智能产业年销售收入超**10**亿元。

一、工业机器人研究背景

- 苏南机器人智能产业三个全国亮点：一是以徐州华恒为代表的焊接机器人，二是以苏州澳昆为代表的包装机器人，三是以常州为代表的机器人产业园。
- 大力发展机器人等高端制造业，是迎接‘第三次工业革命’挑战、加快工业经济转型升级的重要举措。预测“十二五”期间，工业机器人应用量将以每年**20%**以上速度增长。

二、车身制造关键自动化装备概述

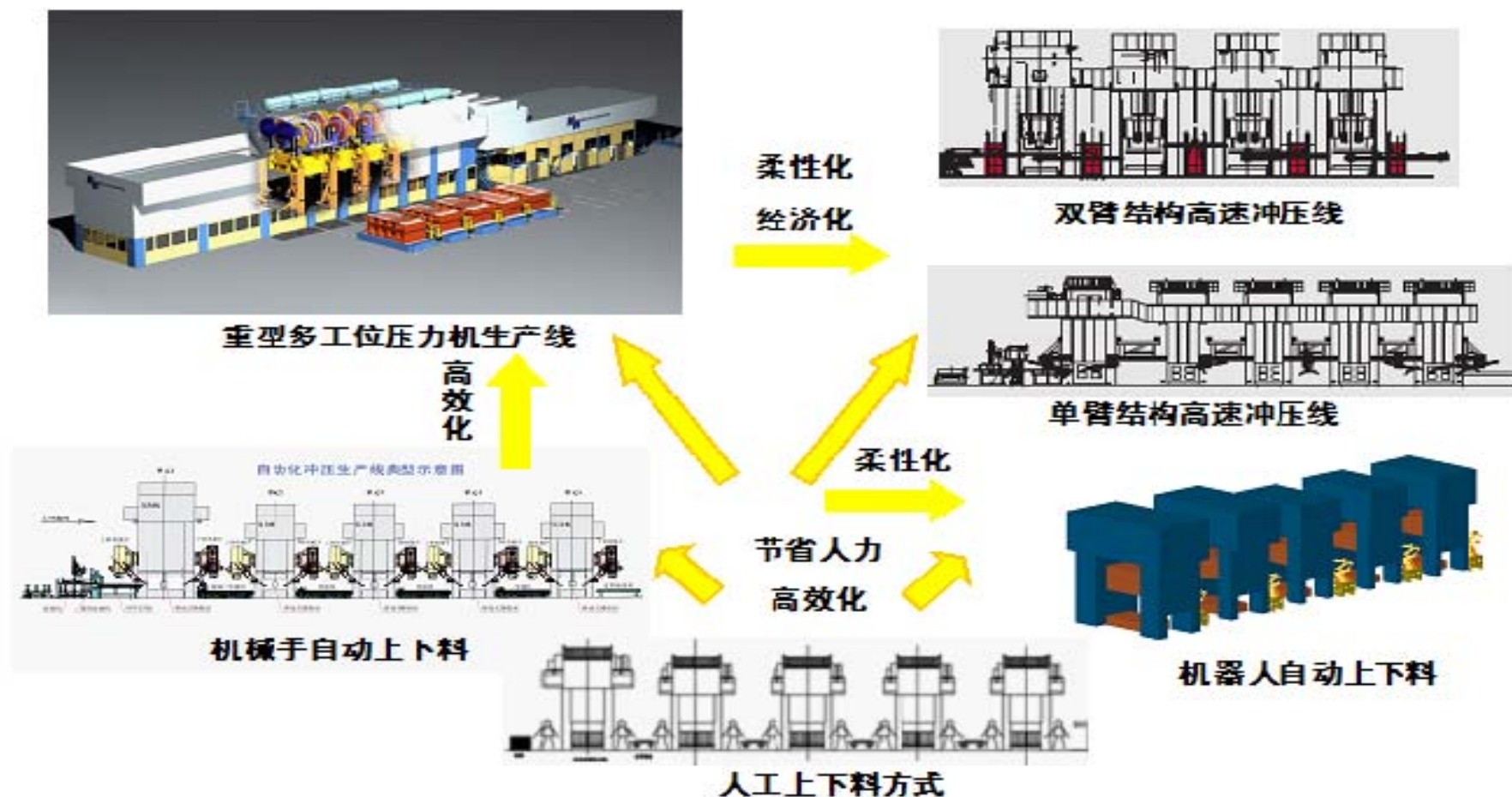
1、新一代自动化冲压生产线

目前国内汽车企业冲压生产线多工位保有量不到**5%**，先进国家则高达**30%**以上，预测到**2015**年大、重型多工位伺服压机市场容量约为**1000**个标准台套左右，市场容量达到**210**多亿人民币。

二、车身制造关键自动化装备概述

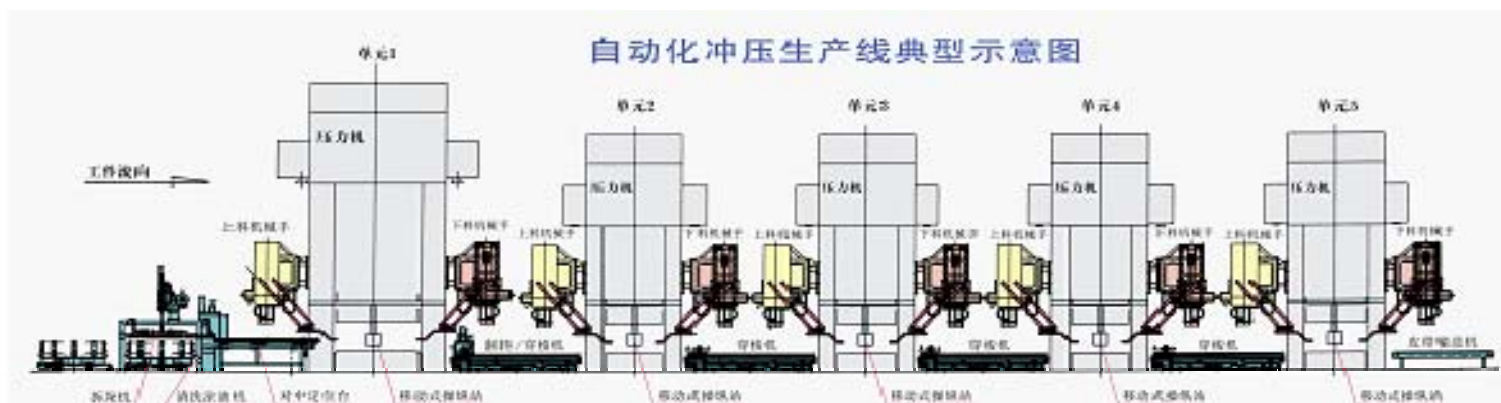
JIER

济南二机床集团有限公司



冲压生产线发展趋势：自动化—高效化—柔性化

二、车身制造关键自动化装备概述



典型机械手上下料自动化冲压线的组成:

- 拆垛机
- 板料清洗/喷油机
- 对中装置
- 机械手
- 穿梭/翻转机
- 压力机
- 皮带输送机
- 电气控制系统



JIER为哈飞汽车提供的机械手自动化冲压线

二、车身制造关键自动化装备概述



- 一汽大众的MULLER WEINGARTEN冲压线，采用全封闭形式，不光安全性会更高，而且密封性更好，能保证更高标准的冲压精度。

二、车身制造关键自动化装备概述



钢材板料由一部料垛小车自动运送进入生产线，**KUKA**机器人抓取板料。

二、车身制造关键自动化装备概述



一汽大众冲压线，KUKA手臂性机器人

二、车身制造关键自动化装备概述

2、新一代自动焊装生产线

国外焊接车间基本是大批量焊接生产线，自动化率高，基本实现无人化生产。进入**21**世纪，由于国外汽车巨头的不断涌入，我国汽车行业的机器人安装台数迅速增加，估计我国目前焊接机器人的安装台数在**5000**台以上。

二、车身制造关键自动化装备概述

- 广州丰田汽车有限公司焊装车间，**13**条焊装线中有**8**条是全自动线，线上共有**276**个机器人，自动化程度为**56.1%**，车身上的**4000**多个焊点，有**2200**多个由机器人来完成。

二、车身制造关键自动化装备概述



广州丰田汽车有限公司焊装车间

二、车身制造关键自动化装备概述

- 华晨金杯在**1999**年建设的**M1**焊装车间，在国内企业中率先采用机器人焊装自动线，车间内采用机器人**44**台，各种自动线**16**条。
- 据**2001**年统计，全国共有各类焊接机器人**1040**台，汽车制造和汽车零部件生产企业中的焊接机器人占全部焊接机器人的**76%**。
- 焊接机器人占据整个工业机器人总量的**40%**以上，焊接作为工业“裁缝”，是工业生产中非常重要的加工手段，同时由于焊接烟尘、弧光、金属飞溅的存在，焊接的工作环境又非常恶劣，焊接质量的好坏对产品质量起决定性的影响。

二、车身制造关键自动化装备概述



一汽大众点焊生产线

二、车身制造关键自动化装备概述



一汽大众激光焊房

工人只需要将确认夹具状态是否正确，然后关上门，接下的工作就可交由自动化焊接设备完成。

二、车身制造关键自动化装备概述



一汽大众激光拼焊设备正将车顶、侧围、地板进行拼合，然后送入完全密闭的激光焊接房进行激光焊接。

二、车身制造关键自动化装备概述

- 基于机器人的汽车焊接自动化生产线基本要求

- (1) 智能功能与技术参数

自动根据订单安排生产计划，实现多种车型任意顺序混流生产，生产过程控制实现程序化、数字化、远程遥控化，生产中自动车型识别、焊装设备运行状况智能故障诊断及报警。

二、车身制造关键自动化装备概述

(2) 关键智能部件

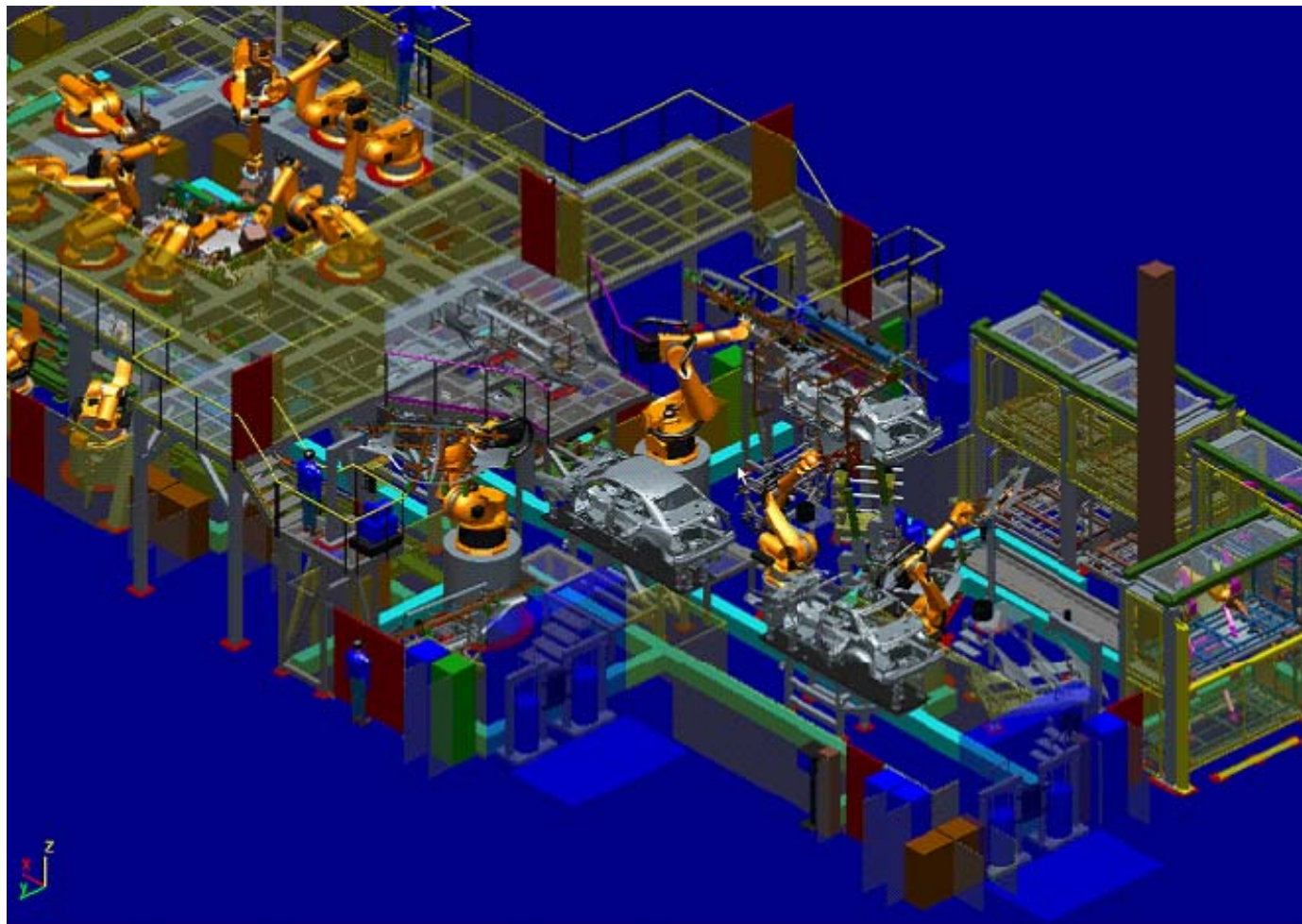
伺服点焊焊接机器人、弧焊机器人、搬运机器人，机器人智能视觉识别系统，机器人智能协同系统，基于工业总线技术的可编程控制系统，智能切换定位装置（重复精度0.05mm），闭环伺服位置传感装置（重复精度0.1mm），白车身实时在线检测装置。

二、车身制造关键自动化装备概述

(3) “数字化制造”技术

新一代自动焊装生产线的虚拟制造技术发展很快，采用数字化工厂应用软件，建立起自己的产品制造工艺过程信息化平台，再与本企业的资源管理信息化平台和车身产品设计信息平台结合，构成支持本企业产品完整制造过程生命周期的信息化平台，进行制造过程管理（MPM）。

二、车身制造关键自动化装备概述



数字化工厂

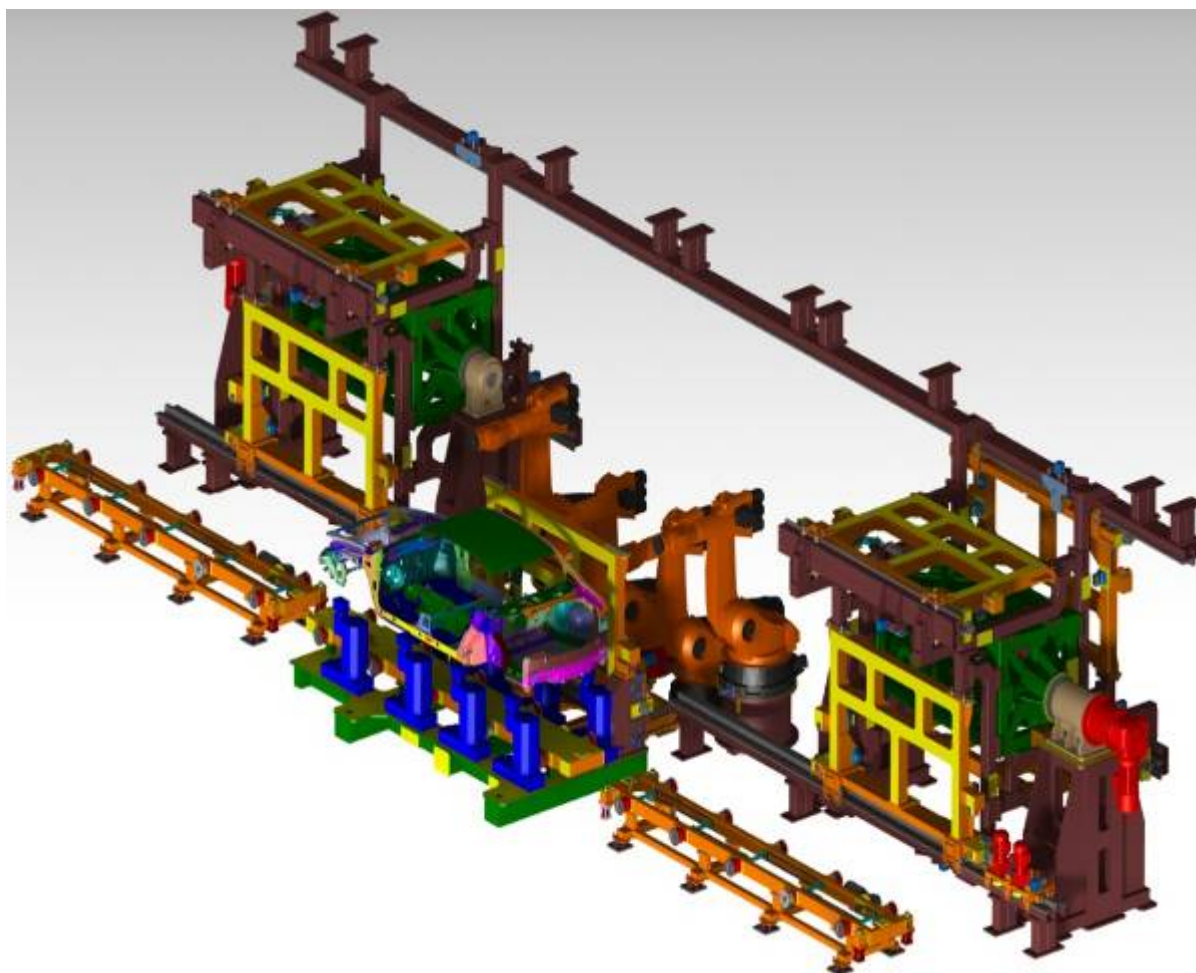
二、车身制造关键自动化装备概述

广州明珞汽车装备有限公司自主研发的新一代自动焊装生产线—高柔性智能机器人自动焊装线具有国际先进水平。

共线车型最多**7种**

车型切换时间：
 $\leq 18s$;

占地空间仅仅 $\leq 18m$
 $\times 12m$ 。



第三代少品种大批量制造系统

—敏捷柔性自动线（AFTL）及其关键技术

- 发动机制造装备可谓第一汽车制造装备，是现代汽车零部件集成制造的经典。高精度发动机缸体、缸盖、曲轴、变速箱壳体加工敏捷柔性自动线（AFTL）90%以上进口。从二十世纪末至今，据不完全统计，已经有约200条安装或将安装，平均单价约2000万美国。如，仅柯马公司2008-2010年即提供了20条AFTL。AFTL的关键技术是：
- 1、生产线数字化设计：要求按照精益、敏捷理念，采用协同仿真技术——使用户能够选择技术、经济优化的方案。采用了这种数字化设计技术后，生产规划流程精简了40%。
- 2、具有可重构模块的高速加工中心（RMT），作为新一代加工缸体、缸盖生产线的核心技术。其特征是：模块化、高速化、干切削。只有模块化才能实现可重构；只有模块化才能大幅度降低制造和使用成本。
- 3、在线检测：为实现大批量高生产率条件下的在线精密检测，要求检测设备的分辨率达1微米，整个测量形貌的测量周期在数十秒以内，测点达到几百万个以上。目前完全依赖进口。
- 4、柔性夹具：柔性夹具设计需要精通零件制造工艺。这是国外企业对我们封锁的核心技术和盈利的诀窍，也是我国机床企业的软肋。最近一汽发动机FTL招标中，德国公司一个工位柔性夹具价格约20万欧元，与卧式加工中心价格相当！
- 5、物流系统：被视为“第二类生产”，包括自动上下料、工件传输储运、实时工厂物流系统。将极大提高现代发动机生产的效率和可靠性。为零库存提供可能。先进的工厂物流系统是现代发动机生产实现精益和敏捷的关键。自动上下料最新发展是采用机器人（机械手）自动上下料，以便增加通用性和柔性。
- 6、信息系统：自动线CNC控制系统，其复杂程度不是只控制单个机床可比拟的。世界上只有少数几家顶级公司有此能力，我国目前空白。
- 7、自动线可靠性技术：需满足整条自动线工序能力指数Cpk值 ≥ 1.67 ，平均无故障工作时间MTBF $\geq 3000h$ 的要求。

敏捷柔性自动线的基本技术要求

- 现代壳体类零件机械加工自动线属于“敏捷柔性自动线”，以便满足现代动力总成壳体类零件生产线“多品种、大产量、高效率、低成本”的需要。
- 敏捷柔性自动线使用的机床类型为“刚柔混合”型——以高速加工中心满足生产线高柔性要求，以数控专机满足高效率要求，并可降低投资成本。刚柔混合程度(深度、中度、轻度)要从采用协同仿真技术的数字设计多方案中选择。
- AFTL线中集成应用以下技术：
 - FA技术，又称“无人或熄灯生产” (unmanned or lights-out production) 技术。
 - 壳体类零件高速切削技术
 - 干切削、MLQ切削技术
 - 壳体类零件精密加工技术
 - 生产线多品种工件混流技术
 - 敏捷物流系统
 - 生产线信息采集、分析、反馈、集成控制技术
 - 在线检测系统及集成应用技术

敏捷柔性自动线的高速加工工艺及装备

- 高速切削工艺：根据日本汽车制造业的历史数据，汽车制造业平均每5年切削效率要提高28%，其中切削速度平均提高19%，进给速度平均提高8%；而最近几年切削效率提高的幅度在30%以上。目前制造发动机主要零件的生产节拍已经缩短到了30—40秒，比十几年前缩短了50%。发动机制造企业为提高加工效率，都进行了技术改进。如，上海大众汽车通过使用HSK刀柄，涂层硬质合金、金属陶瓷、CBN、PCD刀具，满足高主轴转速、高进给速度、高加/减速（三）的要求—只有“三高”才能实现高效加工（HPC）；上海通用汽车，通过使用SECO公司的CBN300刀片进行灰铸铁缸体平面干式铣削，切削速度达到了1600m/min，刀具寿命提升了4倍。
- 用于铝合金壳体类零件生产线主轴最高转速一般为15000~20000r/min，工进最高速度40~60m/min，快速移动速度高达60~90m/min；加速度达到1.0~1.5g，换刀时间（刀-刀）1.5~3.5s、甚至0.8~0.9s；定位精度/重复定位精度—工作台1m以下，8 μ m/4 μ m（VDI标准），工作台1m以上，10 μ m/5 μ m/M（VDI标准）。关键工序的机床工程能力指数/工序能力指数Cmk/Cpk值 $\geq 2.0/1.67$ 。
- 具有可重构模块的高速加工中心（RMT），作为新一代加工缸体、缸盖生产线的核心技术。其特征是：模块化、高速化、干切削。目前，这类加工中心的最新发展是，主运动普遍采用电主轴，进给运动普遍采用直线电机。普遍运用三坐标模块式和箱中箱结构。
- 同时要求带有断刀检测、机内自动测量、自动补偿系统、对刀装置，等等。

敏捷柔性自动线的物流系统、信息系统

- 物流系统：由原材料处理、存储、上下料装置、机床间工件传输装置组成。在单台数控机床配备工件库或原材料库和自动上下料装置（含机械手、机器人）的条件下，即在与物料存储与传送及其自动控制集成的条件下，构成柔性制造单元（FMC）。在多台数控机床配备自动上下料与物料存储和传送及与生产计划调度用计算机集成的条件下，构成柔性制造系统（FMS）。在不含计划调度系统和工件单向流动时，组成柔性生产线。
-
- 信息系统：主要包括生产线控制、刀具更换、工装及附具更换、工件调度、自动编程、自动监控、自动补偿、工件质量自动检测、刀具磨损或破损后的自动更换和自动报警，等。要求具有CAD/CAM功能，远程生产线管理和维护、故障诊断和自动修复功能，等。

敏捷柔性自动线的实例

- 奇瑞发动机曲轴箱481铸铝缸体机加生产线特点:
- 德国CROSS HULLER公司承包。主要由18台SPECHT500W加工中心, 2台清洗机、2台装配机、一台拧紧机、2台试漏机、1台最终测量机组成柔性生产线, 一期纲领双班120 000台, 混流生产1. 6L、1. 9L (D)、2. 0L三种产品, 二期纲领双班200000台, 混流生产1. 3L (D)、1. 6L、1. 9L (D)、2. 0L四种产品。
- 整线实行全自动上下料, 加工中心采用加工岛方式, 清洗机等辅机采用串联滚道对接方式。
- 加工中心采用桁架机械手上下料, 其它辅机采用抬起步伐或滚动输送, 生产线操作工人只完成一些手工装配和设备操作工作。
- 每一个工序都有一个独立的集中冷却系统, 操作、维护方便, 便于保证产品质量。
- 整条生产线占地面积2900平方米, 在线布置三座标测量机, SPC检查台, 现场办公室等设施。



一汽大众EA111发动机生产线



BMW发动机工厂的物流厂房

汽车工业机器人的发展前景

- 随着我国从汽车大国向汽车强国的过渡和汽车制造技术更新换代，机器人在汽车制造中的需求将出现爆发式增长。
- 目前，汽车工业机器人进口依赖度**95%**以上，距离国家要求**2020**年关键技术进口依赖度下降到**30%**的目标相差甚远。大力发展国产机器人产业是我国成为制造强国的主要瓶颈！

2011年国家关于组织实施智能制造装备发展专项的关键智能部件

- AG物流搬运小车;
- 4~6轴搬运、码垛机器人及其柔性手爪;
- 4~120m/min高速高精度堆垛机;
- 自动称量系统;
- 位置、速度、视觉传感器;
- 大型可编程控制系统;
- 自动识别系统（条形码、RFID、视觉）;
- 智能跟踪、监控、调度及管理软件（车间智能MES）。

AGV无人搬运小车

AGV特点:

显著特点的是无人驾驶，**AGV**上装备有自动导向系统，可以保障系统在不需人工引航的情况下就能够沿预定的路线自动行驶，将货物或物料自动从起始点运送到目的地。

AGV的另一个特点是柔性好，自动化程度高和智能化水平高，**AGV**的行驶路径可以根据仓储货位要求、生产工艺流程等改变而灵活改变，并且运行路径改变的费用与传统的输送带和刚性的传送线相比非常低廉。**AGV**一般配备有装卸机构，可以与其他物流设备自动接口，实现货物和物料装卸与搬运全过程自动化。此外，**AGV**还具有清洁生产的特点，**AGV**依靠自带的蓄电池提供动力，运行过程中无噪声、无污染，可以应用在许多要求工作环境清洁的场所。

AGV在自动生产线的应用

AGV在制造业的生产线中能够高效、准确、灵活地完成物料的搬运任务。并可由多台**AGV**组成柔性的物流搬运系统，搬运路线可以随着生产工艺流程的调整而及时调整，使一条生产线上能够制造出十几种产品，大大提高了生产的柔性和企业的竞争力。

1974年瑞典的**Volvo Kalmar**轿车装配厂为了提高运输系统的灵活性，采用基于**AGVS**为载运工具的自动轿车装配线，该装配线由多台可装载轿车车体的**AGVS**组成，采用该装配线后，装配时间减少了**20%**，装配故障减小**39%**，投资回收时间减小**57%**，劳动力减小了**5%**。目前，**AGV**在世界的主要汽车厂，如通用、丰田、克莱斯勒、大众等汽车厂的制造和装配线上得到了普遍应用。

广泛的应用（智能仓储）

Application（Intelligent Storage）



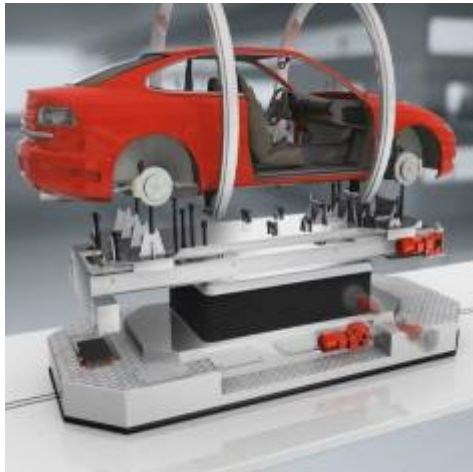
AGV智能仓储解决方案是在AGV智能输送基础上的升级和延续，机科股份利用自身优秀的WMS平台结合高举升叉式AGV实现了的AGV智能仓储，可以实现对卷筒物料、箱式物料、托盘物料的自动存储，已成功应用于报纸印刷、印钞造币、物流仓储等行业。



- 举升高度可达 10,000 mm
- 载重可达 2000 kg
- 导航方式：激光、磁点均可
- 行走速度：0~90 m/min
- 电池参数：镍镉/铅酸 24V免维护
- 兼容驶入式、重力式货架
- 尤其适用于无法使用固定支撑的场合

广泛的应用（辅助装配） Application（Auxiliary Assembly）

机科股份使用功率电线导航方式，利用非接触供电平台的AGV构建柔性装配线，稳定、环保的特性适用于汽车行业，产品已成功应用于国际著名的汽车和发动机制造企业。



- ◆载重可达 1,100Kg
- ◆导航方式：功率电线导航
- ◆行走速度：0~60 m/min
- ◆尤其适用于装配线作业



广泛的应用（重载AGV）

Application（Heavy Load AGV）

重载AGV是AGV领域里的巨无霸，它采用多轮系的驱动方式、高精度、大载荷是技术难度最高的AGV产品之一。我们通过多年的研发和应用经验，拥有中国载重最大、体积最大的AGV产品。设计最大吨位60吨。系列产品已应用于工程机械、钢铁冶金等行业。



- ◆载重可达 15,000 Kg
- ◆导航方式：磁点
- ◆行走速度：0~60 m/min
- ◆定位精度：±8mm



- ◆载重可达 20,000 Kg
- ◆导航方式：磁点
- ◆行走速度：0~60 m/min
- ◆定位精度：±8mm



- ◆载重可达 6,000 Kg
- ◆导航方式：激光
- ◆行走速度：0~60 m/min
- ◆定位精度：±5mm

谢谢！