随着中国经济步入新常态，智能制造成为制造业转型升级的重要战略，这一点在汽车产业表现得尤为突出。如今，汽车生产线不再是简单的人机配合生产，而是人、机器、信息系统和各种相关设备紧密连接在一起，自动化与信息化深度融合的智能生产。

智能机床、柔性制造单元、机器人、检测及物流技术的发展，使得生产线的自动化、柔性化程度越来越高；CAD/CAM、PLM软件和网络通信技术的融入，更是促使自动化生产线逐渐向智能化、无人化的数字化工厂转变。

本期策划“汽车自动化制造技术”，邀请汽车制造领域专家、技术人员共同探索汽车自动化与智能化解决方案。

策划：庞　雪

新常态下汽车制造自动化发展对策及案例

中国重汽集团济南桥箱有限公司高级工程师　刘胜勇

摘要：本文从互联网、机器换人、智能制造管理系统和智能工厂等方面，给出了新常态下汽车制造自动化的发展对策及相关案例。对汽车制造企业具有现实意义，对构建智能工厂具有指导意义。



1913年，美国福特汽车公司的建立者Henry Ford在底特律创立了世界上第一条汽车流水装配线（见图1），使得现代流水生产正式拉开了序幕。

此后，汽车制造经过了4个阶段的发展，即20世纪20年代的刚性自动线阶段、20世纪60年代的柔性制造系统（FMS）初期阶段、20世纪70年代的柔性制造单元（FMC）阶段以及20世纪80年代初期的柔性制造系统（FMS）实用阶段。

现今，在中国经济发展进入以中高速、优结构、新动力、多挑战为特征的新常态阶段之际，我国汽车制造业的发展也进入了以创新突破为显著特征的新常态阶段。随着劳动年龄人口的大量减少、“中国制造2025”的全面实施、供给侧结构性改革的大力推进，国内汽车制造企业唯有立足当前基础之上，抢抓机遇，主动变革，快速实施智能化制造、构建高柔性高效率的智能工厂，方能使企业摆脱发展颓势，并在激烈残酷的市场竞争中抢得一席之地，方能取得国内汽车工业的自主大发展。



图1　福特汽车第一条流水装配线

1. 实施“互联网+”行动计划及案例

在“工业4.0”的驱动下，国内汽车制造企业既要建设低时延、高可靠、广覆盖的工业互联网，开发App（见图2），广泛利用微博和微信，开展网络营销，发展移动电子商务，又要充分利用4G/5G开展车间、仓库等重要场所的远程视频监控，推进经营管理活动区的移动办公；既要在产品设计、产品仿真等方面应用云计算，以提高研发设计效率、降低研发设计成本，又要建设商业智能系统（见图3），对生产经营数据进行大数据分析，以优化工艺流程，对销售数据进行大数据分析，以开展精确营销与改进产品设计，对管理数据进行大数据分析，以优化、重组和再造管理流程。

基于无线网络平台的手机客户端查看设备状态，不仅能够实现数控机床的开关机时间、程序起始及结束时间、主轴负载、主轴转速、进给速度、进给倍率、当前工件加工件数、故障代码及报警内容等数据的采集，还可在任何地方快速了解车间现场所有设备的运行状态（运行、停机、空闲、调试或关机）以及加工参数信息（主轴倍率、主轴转速及进给倍率等）。

汽车制造企业通过构建产品生命周期管理（PLM）平台，可进行分布式部署，以满足异地协同设计，可支持中文、英文或德文等多语言环境，可方便地根据业务发展进行调整，可满足异地快速响应并保证数据安全，可管理产品数据以达到信息一致和资源共用，可建立标准流程使设计、制造和采购相关部门的工作顺利衔接，可统一数据源头，以减少资料误用造成产品开发的成本增加，可形成企业知识库，以实现知识共享等。

2. 机器换人式升级改造及案例

汽车制造企业应充分利用现有的加工装备（如立/卧式车床、车削中心、内/外圆磨床、立/卧式加工中心、花键铣床、直齿/螺旋齿滚齿机、研齿机、磨齿机等），通过I/O交互、Profibus或以太网通信等方式，对流水式半自动化生产线或孤岛式设备进行“机器换人”式升级改造，即引入工业机器人、生产装备智能化改造及流水线生产集成管理。升级改造务必贴近于“智能工厂”建设要求，既要使生产线上的机器能够实时输出数据至企业的物联网；又要使产品加工及其上下料实现智能化，尽最大程度地减少装配钳工的数量；还要使生产网络在提高效率的同时，能整合数据和收集问题，并给出机器维护、产品质量、物料准备、订单需求等方面的解决方案。

在图4所示的主动锥齿轮



图2　手机客户端查看设备状态

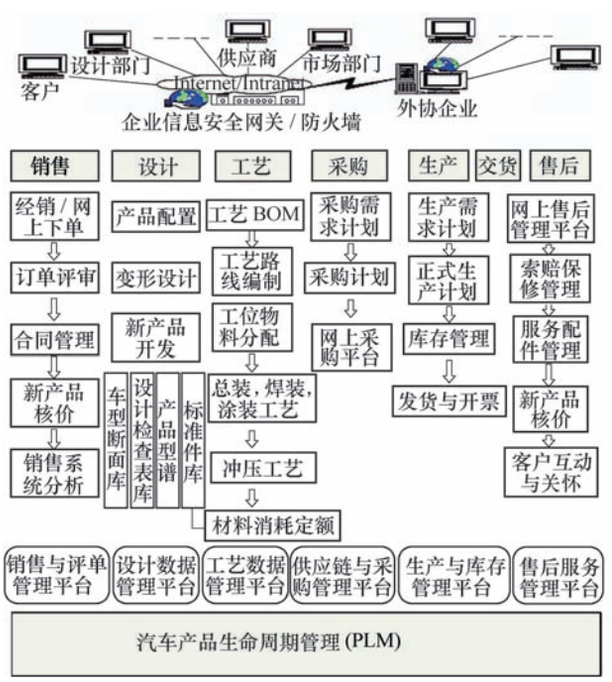


图3　汽车产品生命周期管理模型

柔性制造线中，经新配1台行走距离8m的KAWASAKI BX200L型六自由度关节机器人，并对线内2台WIA L280型卧式数控车床（FANUC 0*i*TD）、2台YKX3132M型数控滚齿机（SINUMERIK 802Dsl）和2套环形上料线（SIMATIC S7 300PLC）进行联机功能拓展后，流水式半自动化的主动锥齿轮生产线升级为自动化程度较高的柔性制造线，双班作业下日产主动锥齿轮的数量由220件提升至（290～310）件，每班操作人数由3名减为1名，操作者搬运工件的苦痛大大减轻，搬运中潜在的安全隐患得以消除。

在图5所示的离合器压盘柔性制造线中，经新配3台行走距离17m的FANUC R2000*i*C/165F关节机器人（其中2台分别带有3D视觉和2D视觉），并对线内5台SKTV5R/L型立式数控车床（FANUC 21 iT）、1台CMV850A型立式加工中心（FANUC 0*i*MC）、1台NM515型立式加工中心（FANUC 0*i*MD）和2台SCHENCK自动去重平衡机进行联机功能拓展后，压盘生产线实现了4～5h的无人化生产，OP05序精车削压盘大端面及内孔由右侧机器人控制，OP10序精车压盘四凸台及成形角由中间机器人控制，OP15序钻铰孔和OP20序动平衡由左侧机器人控制。对于右侧机器人，自毛坯上料区取料并旋转至OP05机床前，对已加工零件吹气清洁、抓取OP05已加工零件并放入OP05未加工零件，将OP05加工零件放入缓存区，返回毛坯上料区。对于中间机器人，自缓存区抓取OP05已加工零件并移动至OP10机床前，对OP10已加工零件吹气、抓取OP10已加工零件并放入OP10未加工零件，转换姿态后送至清洗机以清洗OP10已加工零件，抓取自动检测装置上已检测的零件并将清洗完的待检零件放入自动检测装置，将已检零件放入含角向定位的中转台，返回缓存区。对于左侧机器人，抓取角向定位好的零件并移至OP15机床前，对OP15已加工零件吹气清洁，抓取已加工零件并放入未加工零件，移至自动去重平衡机，抓取已做动平衡的零件并放入未做动平衡的零件，旋转至成品堆垛区并放置成品零件，返回带角向定位的中转台前。

在图6所示的半轴柔性制造线中，经新配1台行走距离为9m的KR210 R2700关节机器人，并对线内3台YKX6012型数控花键轴铣床（FANUC 0*i*MD）进行联机功能拓展后，实现总长不超过1.3m的半轴自动化上下料作业，OP05序机床铣削一端花键，OP10序机床铣削另端花键，OP15序车床车削端面，半轴机加工年产量10万件。

在图7所示的热后锥齿轮副柔性制造线中，经新配3台KAWASAKI机器人，并对线内3台QTN250Ⅱ型卧式数控车床、4台MKS1632A型数控端面外圆磨床和3台Oerlikon L60型研齿机进行联机功能拓展后，机器人①负责热后主动轮上螺纹车削和键槽铣削的自动上下料与抽样检验工作，并将OP25序成品件放置于物料缓冲交接A区，机器人②负责热后主动轮上外圆面和端面磨削

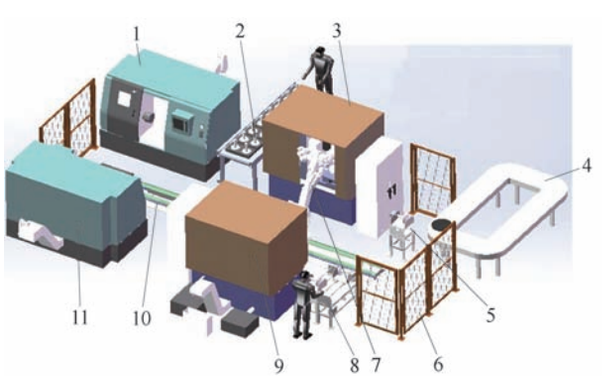


图4　某企业主动锥齿轮柔性制造线

1、11.卧式数控车床 2.主动锥齿轮上料仓 3、9.数控滚齿机
4.环形上料线 5.工件姿态转换台 6.全封闭型防护网
7.川崎机器人 8.双工位产品抽检装置 10.行走轴

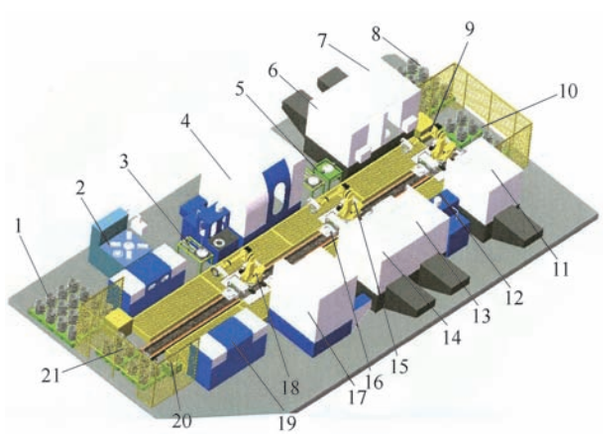


图5　某企业离合器压盘柔性制造线

1.成品暂存区 2.OP20A 3、5.抽检台 4.OP15A 6.OP05C 7.OP05A
8.毛坯暂存区 9、15、18.FANUC机器人 10.毛坯上料区
11.OP05B 12.清洗机 13.OP10A 14.OP10B 16.角向定位式中转台
17.OP15B 19.OP20B 20.隔板区 21.成品堆垛区

的自动上下料与抽烟检验工作，并将OP35序成品件放置于物料缓冲交接B区，机器人③负责将物料输送的成品被动轮和主动轮进行自动上下料，并将研配合格后的锥齿轮副输送出线外。

3. 智能机器人大量应用

汽车制造企业在进行“机器换人”时，应大量选用智能化机器人（见图8）。也就是说，未来的机器人不仅会配置人工智能系统，以进行符号处理与数值计算，还会配置各种具有柔性和灵巧性特点的轻质化手爪和手臂，以高速度、高精度完成货物的取放任务；不仅会附加移动功能和视觉识别功能，以进行大范围内的生产作业，还会装配具有人工肌肉、形状记忆合金、氢吸附合金、挠性轴与钢丝绳集束传动等优点的新型驱动器，以使机器人的作业能力与人类相当。

4. 智能制造管理系统快速建设

汽车制造企业应在基于智能机器人与自动线构建的数字化工厂的基础上，利用物联网技术和设备监控技术，加强信息管理和服务——清楚掌握产销流程、提高生产过程的可控性、剔除生产线上的人工干预、即时正确地采集生产线数据以及合理的生产计划编排和生产进度控制，将一切信息汇总到管理系统，并通过管理系统控制整个工厂的生产作业（见图9）。

通过MES设备联网，可实时采集生产线节拍、线速或滑橇到位，用于同步或自控；可采集产品数据，如加工参数、测量数据等，用于质量管理；可进行设备维护检测，用于设备远程监视、设备周期性和预防性维护等；可进行设备使用检测，用于设备OEE改善分析等；可进行人工操作反馈，用于监督人工作业到位；可自动控制车型参数的下发（加工参数设定）、远程控制等。

5. 构建汽车制造智能工厂

在未来的智能工厂中，总控制中心可根据市场订单情况给出生产决策，自动调整产品库存量；中心控制室会分解出零部件制造计划、坯料和刀辅具供应详单，会根据分控制室反馈的设备运行状态、生产完成情况等自动做出决定；分控制室会按中心控制室要求对辖区内的人员状况、设备状态、物料供应与测量结果

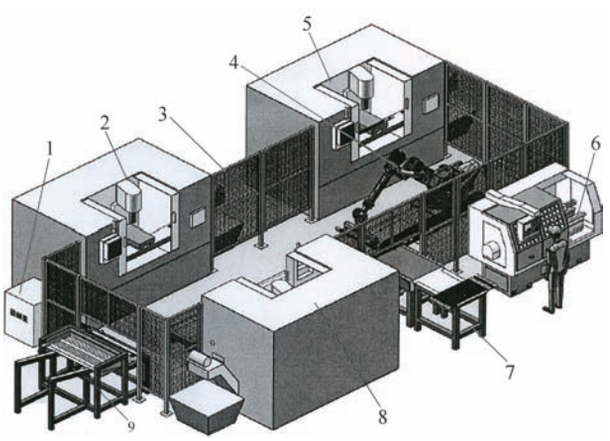


图6　某企业半轴柔性制造线

1.控制柜 2、5、8.YKX6012型数控花键轴铣床 3.安全护栏
4.库卡机器人 6.端面卧式车床 7.下料料道 9.上料仓

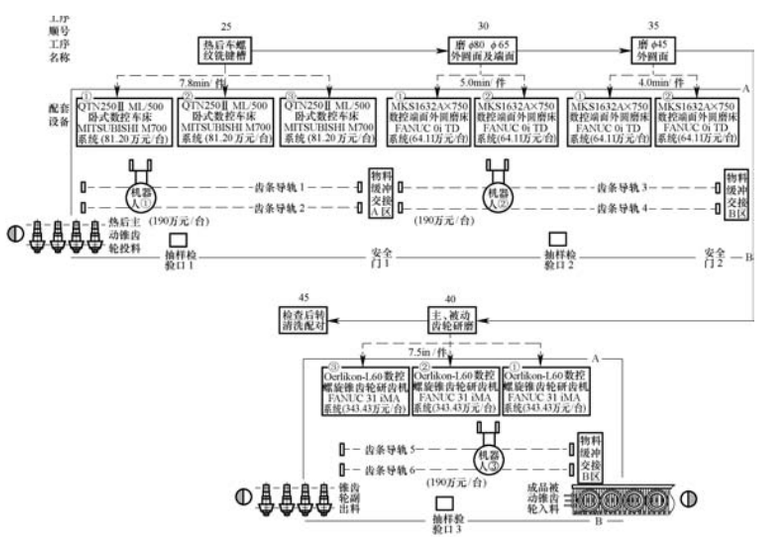


图7　热后锥齿轮副机加工流程及其柔性制造线



图8　高速分拣并联机器人

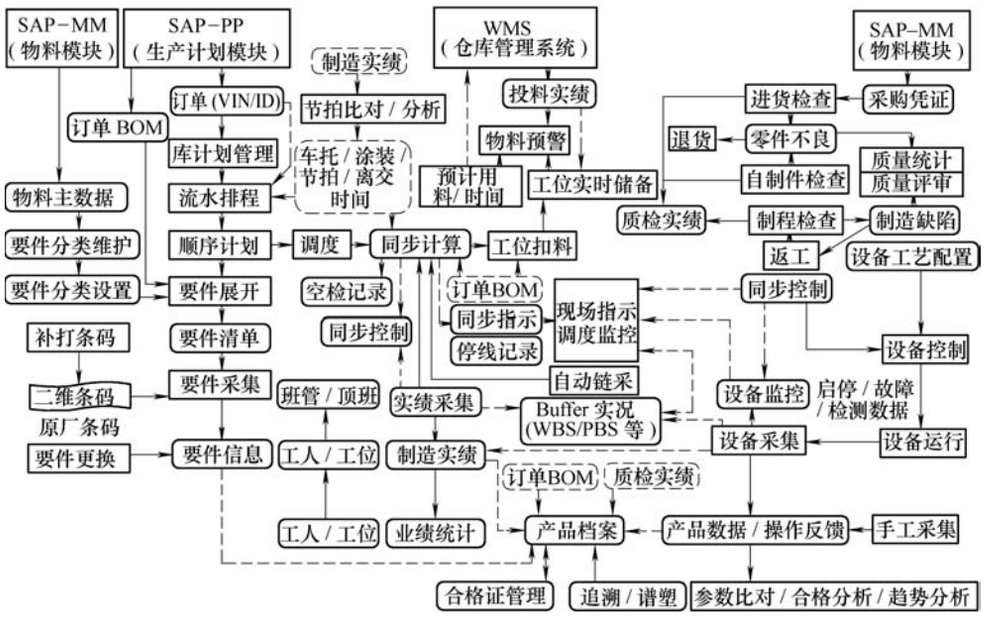


图9　集瑞联合重工的智能制造管理系统

进行综合分析而做出调整并回馈中心控制室；车间执行层会按计划要求合理有序地调度相应自动线运行，并在屏幕上给出每台设备的运行状况和实时数据，据现场情况随时调度巡检人员到出现问题的现场去解决问题，根据设备故障信息指挥维修人员及时赶到出现问题的机床前等；自动线上的智能机器人会按车间执行层的程序指令完成物料的搬运、零件的装配或产品的检测等任务，数控机床会像人的一只手样，抓着刀具或工件，按给定轨迹控制刀具（如车刀、钻头、铣刀及砂轮等）或工件沿运动方向进给，最终加工出符合要求的产品或实现应有的用途等。

在未来的智能工厂（见图10）中，每个生产环节清晰可见、高度透明：信息和生产会组成一个密切相关网络。整个工厂悄然高效地运转，智能机器不仅彼此协作，还与遍布全球的员工、顾客和客户以及智能分析动态系统进行协作等。

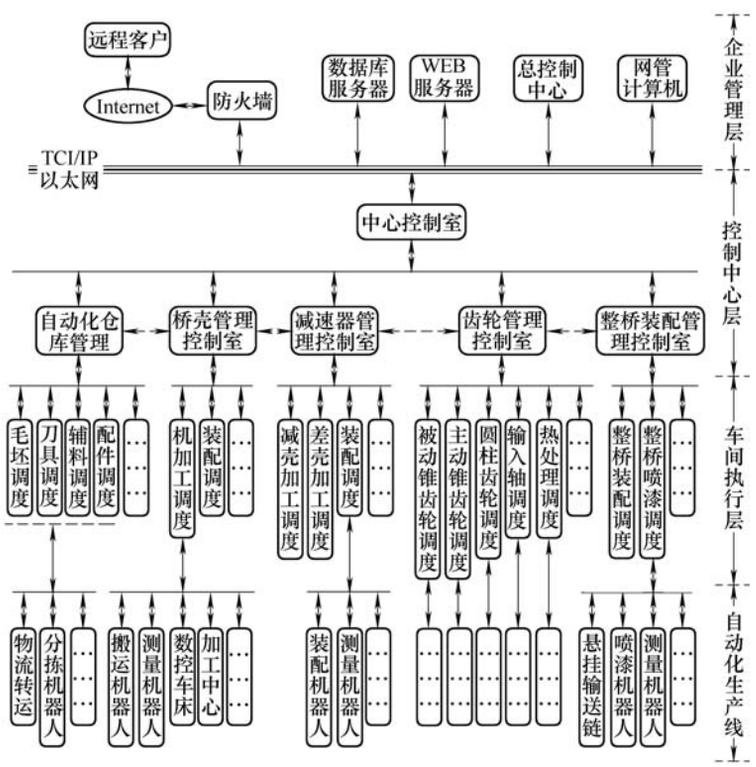


图10　未来驱动桥智能工厂的网络拓扑

参考文献：

[1] 刘胜勇. 现代自动化生产线亟待百花争妍[J]. 金属加工（冷加工），2015，739（14）：21-27.

[2] 刘胜勇. 新常态下如何打赢汽车核心零部件自主化战役[J]. 金属加工（冷加工），2015，743（18）：24-29.

[3] 刘胜勇. 新常态下汽车产业的供给侧结构性改革[J]. 汽车工艺研究，2016，266（7）：30-37.

MW（收稿日期：20161106）