面向车载雷达的智能制造新模式

中国电子科技集团公司第三十八研究所 吴义保

车载雷达面临井喷式市场需求，智能制造将成为必然趋势。本文重点从车载雷达智能制造总体设计、智能仓储与物流、智能决策、智能制造工艺以及核心智能装备等方面，介绍了本单位在车载雷达智能制造方面的工作实践。通过智能制造的实施，车载雷达的实际产能将提高到每年 20 万套，生产效率提高 50% 以上，产品质量明显提升，合格率将达到 99.5% 以上。

一、引言

车载雷达（图 1）作为汽车安全类产品，当有其它车辆进入预警区域时，能有效提醒驾驶员采取防护措施，因此受到越来越多消费者的青睐。知名调研机构 ABI Research 预测，到 2020 年，驾驶辅助系统全球市场规模将飙升到 920 亿美元，全球大约 20% 的新车将配备这种系统。

由于车载雷达高频率、高复杂性、高精度和高质量的特性，技术门槛较高，大多数企业或科研院所不具备与之匹配的研制水平与研制设施。车载雷达主要是采用测距防撞侦测系统，用单个雷达模块提供中、长距离目标检测，其组成包括雷达传感器、运算装置、巡航控制、电位差开关、控制网络、收发天线和中频信号处理等。毫米波相比于超声波具有良好的抗干扰能力和波束成形的能力；相比于激光，毫米波的波束覆盖面广，能穿透非金属的物体；相比于可见光，毫米波受气候的影响很小。车载雷达雷达可以对本车盲区内目标和相邻车道的潜在危险目标进行探测，在事故发生前提供给驾驶员足够的预警时间，有效阻止潜在交通事故的发生，最大程度的保护人员和财产安全。

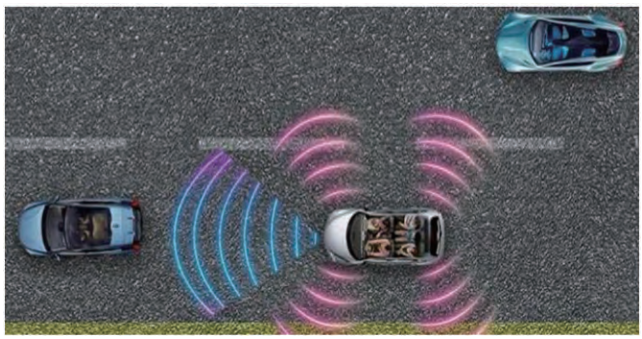

图 1 车载雷达工作示意图

随着产能的快速提升及个性化需求的快速增长，对其制造系统的节拍和柔性化能力的要求越来越高，车载雷达的生产必将进入自动化、智能化制造时代。

二、智能制造总体设计

1. 整体架构

结合本单位民品产业化水平与车载雷达生产的实际情况，将车载雷达智能制造的整体架构分为管理层、系统层、网络层、控制层与执行层。整体架构如图 2 所示。

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

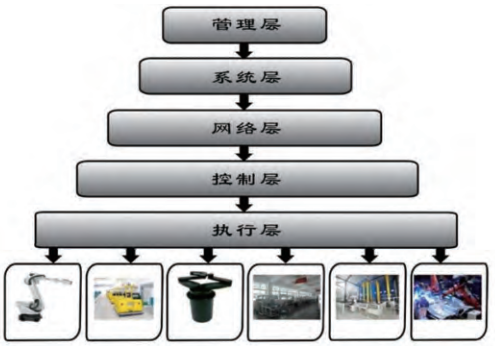

图 2 整体架构设计

设立管理层的依据：基础管理水平薄弱，亟需大量的“管理补课”，如 MIS、ERP、CRM 等；设立系统层的依据：缺乏整体规划与设计，容易以偏概全，片面追求自动化与“机器换人”。设立网络层的依据：信息化尚未与业务融合，众多的信息系统如何整合，集成成为较大障碍，如工业以太网、DP 控制总线如何应用等。设立控制层的依据：数字化是智能制造的必由之路，但数据质量却很差。如 PLC、数字摄像机在系统中的应用等。设立执行层的依据：底层的自动化设备比较少，如工业机器人、AGV 自动导引小车、自动化装配线、自动化点胶设备、自动化制板与器件贴装设备、自动化测试设备、自动化包装设备及自动化物流系统等。

2. 智能生产线

在智能生产线上，人、机器和资源如同在一个社交网络里自然地相互沟通协作，生产出来的智能产品能够理解自己被制造的细节以及将如何使用，能够回答“哪组参数被用来处理我”、“我应该被传送到哪里”等问题。按照车载雷达产品特点，车载雷达智能生产线可以划分为来料检验区、SMT 生产区、高低温筛选区、程序烧录与电性能测试区、射频性能测试区、功能测试区、点胶灌封区、整机装配区、高温老化测试区、包装区、维修工作区及辅助工序区等，主要设备及软件系统包括：自动化的器件贴装成套设备、自动点胶设备、自动装配设备、自动化测试设备、ERP 系统和 MES 系统等；同时开发中转托盘和专用装配、检测设备等，提高车载雷达生产质量和生产效率。

打通设计到制造的链路，实现基于三维数字化的设计制造一体化，使设计能够即时在制造中实现。纵向集成实现设计体系、工艺制造体系、材料体系统一管控，产品研制过程中能够及时获得制造过程中的关键信息以支持产品的研发管理。人、机、料、法、环是影响产品质量的主要因素，通过生产线过程管理实现生产计划在制造职能部门的执行，进行生产计划和现场信息统一协调管理。通过产线物流系统与底层的工业控制网络的集成，进行生产资源执行的管控，同时获取底层工业网络对设备工作状态、实物生产记录等信息的反馈。现场生产运营总线基于上层 Internet 网和底层工业网络，集成车载雷达产线现场物流设备、生产设备进行组网，通过 PLC 硬件和工控软件进行设备的集中控制，基于工业网络实时获取生产过程人、物料、质量和设备信息，同时对设备运行状态进行监控和分析，执行层通过集成实现现场生产过程信息的实时获取。

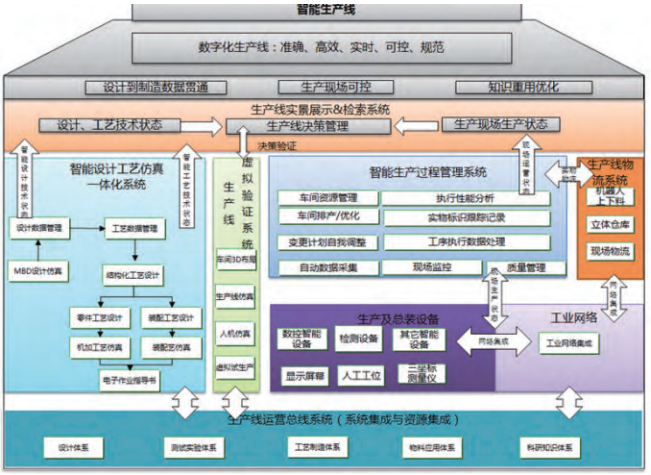

图 3 车载雷达智能生产线示意图

三、智能仓储与物流

1. 智能仓储

智能仓储以建立精细化、可视化、统一化、智能化和半自动化的立体仓库管理系统设目标，以 RFID（无线射频识别）技术为基础，结合智能上下架策略算法，实现了库位和货物管理精细化、过程管理和存储信息可视化、库位分配智能化、捡配自动化、盘点车快速盘点、实时预警和防呆纠错。车载雷达的仓储物料主要包括：电路元器件、印制板、透气阀、铝壳、上盖、支架、紧固件、密封垫、密封胶、密封胶、标签和包装材料等。可以根据物料性质，分别储存到对应的仓库。比如电容、电阻、BGA 和 IC 等一系列比较贵重的对温湿度高低有要求的电子材料，可以放置到有空调的电子元件仓库货架。而对于一些比较笨重的材料，比如电子产品的金属外壳、螺丝、粗大的电源线和出货到客户那的外包装所需的纸箱可以放置到结构件和包装材料仓库。

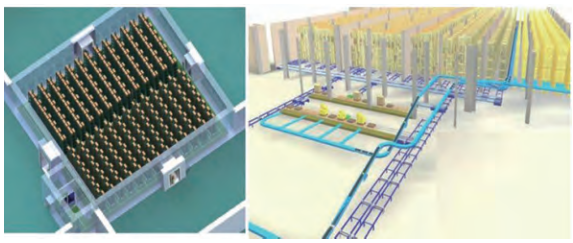

图 4 智能仓储与产线物料配送示意图

2. 智能物流

智能物流是利用集成智能化技术、智能设备等使物流系统能模仿人的智能，具有思维、感知、学习、推理判断和自行解决物流中某些问题的能力。在世界范围内，随着物联网、机器视觉、仓储机器人等新技术的应用，物流自动化技术正在以较快的速度发生变革。

车载雷达的物流系统包括货架库、物流执行系统和上下料设备三部分组成，物流系统根据生产排产信息和生产进度情况进行物料配送和物料配给管理，货架库通过二维条码对物料进行记录和管理，同时条码将是物料在生产过程中的唯一识别代码，在物料的配送和后续每道工序中都将以二维码作为物料的配送状态和生产状态的记录输入和追溯源头，保证物料在整个生产物流系统中可记录和可追溯。物流执行系统用以管控的物料、运输、存储和设备等各个物流元素，使之根据生产要求进行运转。利用采集的实时生产数据信息，根据现场的物流分布及状况，智能规划 AGV 小车的行驶路线，实现多 AGV 小车的自动化协同移动。定制开发满足物料及成品智能转运的机器人系统，与 AGV 小车系统协同实现物料智能转运。下图为调运机器人与 AGV 小车示意图。

图 5 调运机器人与 AGV 小车示意图

四、智能决策

1. 智能管控系统架构

基于结构化数据流定义方法，实现对线上资源统一定义；基于现有产线，定制开发智能管控系统，实现产线物料、计划、生产、质量系统管控；建立外协外购厂家与产线信息交互平台，实现外协外购智能管控。

针对生产线决策与调度现有问题，拟采用分解、优化、融合的智能调度策略，针对不同的调度阶段设计相应的优化项目。通过相关规则，对制造系统调度周期内的相关信息进行分类处理，从而给出若干个合理的调度单元，然后根据调度单元对应的调度目标、制造信息和智能优化算法，给出优化调度方案。最后采用融合方法，基于复杂大规模制造系统的总体目标和资源约束，集成复杂大规模制造系统的优化调度方案。

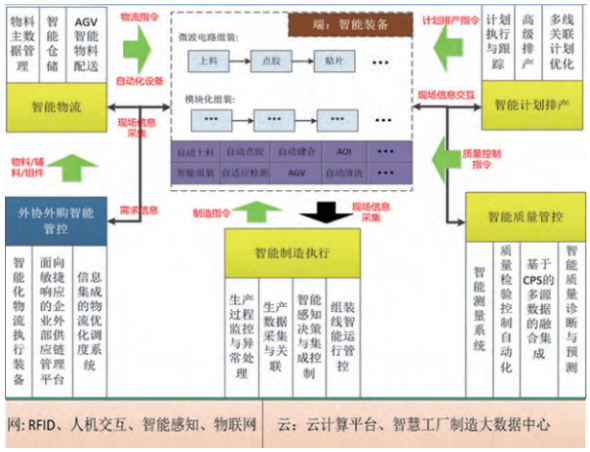

图 6 智能管控系统体系架构

2. 智能决策支持与应用

智能计划排程：利用聚类方法对相似零件进行分类，并通过历史数据的统计分析不断修正工序的期望工时，在此基础上，利用排程引擎实现多品种、多批次、多工序生产任务的自动排程，提高计划的优化水平和可执行性。

物料智能调度：通过对在制品生产进度的实时掌控，以及各种物流设施的状态和位置信息的跟踪，利用智能调度算法，实现对各种物流资源的调度，优化物流路径，提高物流设备利用率，减少在制品周转等待时间。

工艺参数智能优化：通过对工艺、质量、工时等数据的关联分析，建立产品质量或工时与工艺参数之间的多元回归模型，基于该模型，分析工艺参数的敏感性，并运用优化算法实现对工艺参数的组合优化。

设备状态监测与智能维护：针对所采集到的制造设备的多维实时数据，在信息融合的基础上，运用主成分分析、异常模式辨识、故障诊断等手段，实现对设备的健康状态评估，

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

在此基础上，运用可靠性理论和优化方法，实现设备的维修维护决策。

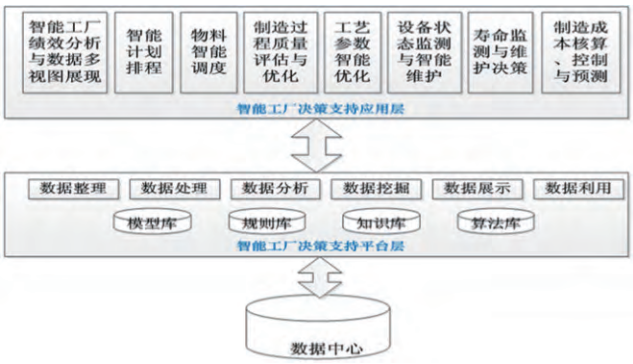

图 7 产线智能决策系统

五、智能制造工艺与设备

1. 车载雷达生产工艺

智能制造概念的内涵及外延非常复杂，但离不开制造对象与制造过程。车载雷达智能制造要以产品的生产工序为中心，来配置相应的资源。

（1）来料检验。物料主要包括电子元器件、结构件、PCB、透气阀和螺钉等，须根据各种物料的检验作业指导书进行操作，如果不符合要求要与供应商联系，要求退换货。

（2）器件表面贴装。工艺过程依次为印刷焊膏、贴片、焊接和检验等。为提高生产效率，应使其拼板贴装。

（3）器件焊接。接插件焊接是生产中的关键工序，应控制好焊接温度与焊接时间。

（4）程序烧录和电性能测试。流到该工序时，要应用探针测试台通过电路板上的测试点进行程序烧录和功能测试。

（5）射频性能测试。主要实现产品的无线射频指标的检测，包含发射信号输出功率、发射信号调频起始频率、发射信号调频终止频率、发射信号调制信号带宽、发射带内起伏等参数的检测。

（6）结构件组装。主要为固定电路板、合盖锁紧、固定支架、固定透气阀。根据螺丝大小正确设定扭力大小，以免导致锁不紧或螺丝刀打滑的不良现象。

（7）模块灌胶。通过专用点胶工装对其灌封，灌封完毕将车载雷达模块连同工装一起进入烘箱。

（8）AOI 检测。机械手抓取模块进入检验轨道，通过相机的定点检测以及机械手抓取车载模块进行旋转，可对车载雷达的 6 个面进行多角度拍摄。

（9）高温老化。整机 60℃，4 小时高温工作后功能检验。

（10）产品包装。车载雷达贴上标签，连同合格证、说明书、相关备件等一起进入包装内衬，套上包装盒，几个包装盒成组打包，放入外包装箱，再利用自动打包机进行包扎妥当。

2. 核心智能设备

（1）自动上料及机器人装配系统。

车载雷达生产过程中，采用机器人自动上料。上料机器人自由度为六轴，可以吸取零件，也可以抓取零件。物料及零件原先存放在料盒中，通过自动上料机器人，将其移动到轨道智能托盘中，当托盘收到缺料信号后，通过轨道运送，自动移动到装配或测试工位上。

结构件采用协同机器人装配。机器人首先用于电路板的取放、电路板装壳，同时，另外一个机器人灌封天线罩与铝盒之间的密封胶，点完胶盖上天线罩，通过机器人紧固天线罩，然后将半成品放到轨道托盘上。

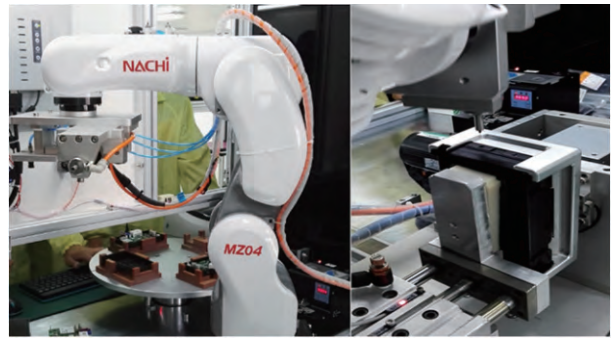

图 8 自动上料及协同机器人系统

（2）电气性能自动测试设备。

车载雷达电气性能自动测试设备包含两百多个静态测试通道。该自动测试设备需完成以下功能：对产品进行烧录测试，并能准确判断出烧录过程的异常以及烧录是否成功；对产品软件的版本进行判断，杜绝软件烧录错误；系统需包含 CAN 通讯功能，能对产品进行条码等生产信息的读写；结构设计、电子硬件设计以及控制系统设计需对外开放标准接口，以便外部的设备能和测试系统无缝对接，共同实现稳定可靠的协同工作；系统需配备 UPS 电源，以避免设备突然断电对产品或设备仪表造成损伤。

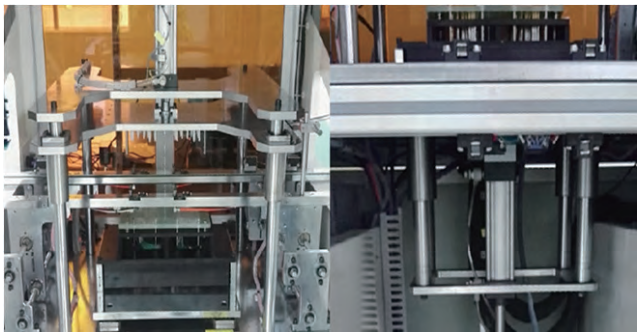

图 9 自动化电气性能测试设备

（3）射频性能自动测试设备。

车载雷达射频性能自动测试设备主要实现产品的无线射频指标的检测，包含发射信号输出功率、发射信号调频起始频率、发射信号调频终止频率、发射信号调制信号带宽、发射带内起伏等参数的检测。同时，该设备需配备 UPS 电源，以避免设备突然断电对产品或设备造成损伤。另外，该设备需对外开放标准接口，实现与外部设备的无缝对接。

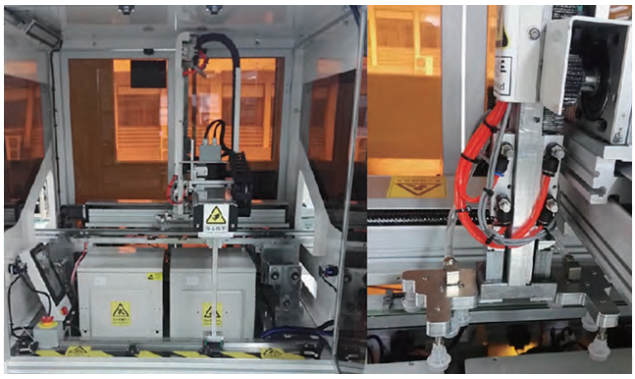

图 10 自动化射频性能测试设备

（4）AOI 自动检测设备。

车载雷达 AOI 检测的技术形式多种多样，但其基本原理是相同的，即用光学手段获取被测物图形，一般通过传感器（摄像机）获得检测物的照明图像并数字化，然后以某种方法进行比较、分析、检验和判断，相当于将人工目视检测自动化、智能化。

AOI 自动检测设备通过相机的定点检测以及机械手抓取车载模块进行旋转，可对车载雷达的六个面进行多角度拍摄，从而识别模块的序列号、模块外观缺陷、螺钉数量及螺钉是否紧固。同时，可以读取标签纸上的条码，可以识别壳体上的文字，可以检测发亮的划痕，可以检测特定的图案，可以检测壳体上下盖之间的配合间隙。

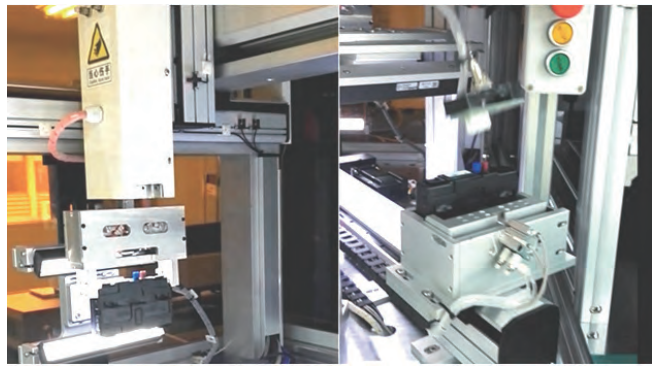

图 11 AOI 自动检测设备

六、结语

从车载雷达智能制造总体设计、智能仓储与物流、智能决策、智能制造工艺和核心智能装备等方面，介绍了本单位在智能制造方面的工作实践。通过智能制造的实施，车载雷达的实际产能将提高到每年 20 万套，生产效率提高 50% 以上，产品质量明显提升，合格率将达到 99.5% 以上。同时，作为国家工业与信息化部、财政部重点支持的示范项目，车载雷达智能制造取得了良好的经济效益与社会效益。

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn