汽车制造数智化转型升级发展趋势分析及展望

胡昌华

深圳联友科技有限公司湖北分公司　武汉　430056

近年来，数智化转型升级在各行各业掀起了一波浪潮，汽车制造数智化转型升级也在不断的深入发展中，有些企业转型取得成功，表现在产品销量和市场占有率上取得了好的成绩。本文抛砖引玉，分析数智化转型发展趋势及新一年的展望。

汽车行业数智化转型升级的大趋势

汽车制造在加速向数字化、智能化转型升级趋势，主要体现在以下几个方面：

1.新能源汽车快速发展的促进

新能源汽车发展近几年突飞猛进，市场渗透率越来越高，预计到2025年与传统燃油车占比持平，到2027年达到65%（见图1）。

新能源汽车的快速发展促进了新工厂建设和老工厂的技术改造，而新的数字化、智能化技术在改造和新的生产线上得到了落地实践，不仅使新能源汽车生产线的技术水平跃上了新的台阶，而且也带动传统能源汽车生产线在加快数智化转型，以便赢取更大的市场占有率。

2.产品开发加快向数智化转型

为满足市场激烈的竞争，新车型的产品开发周期不断压缩，由以前的36个月缩短到24个月，有的公司

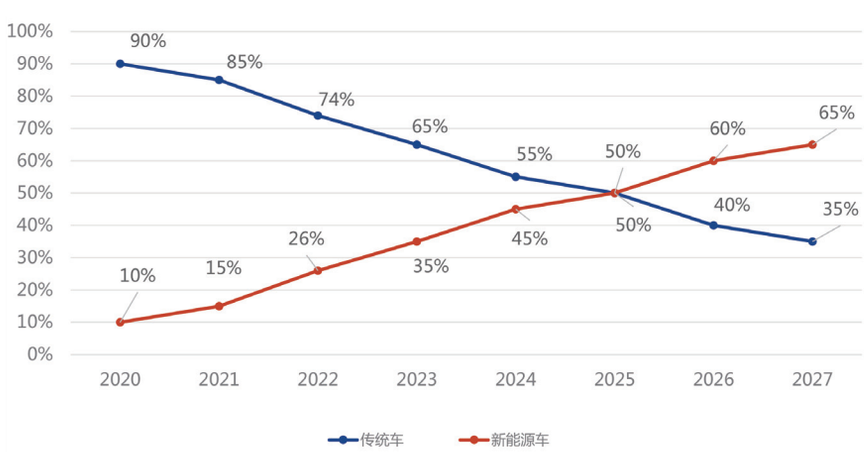


图1　新能源汽车渗透率预测

甚至只需要18个月就可推出一款新的车型，这些都要求采用新的数智化技术才能达成。比如下列数智化技术就得到了广泛应用：3D设计环境、虚拟验证体系、仿真分析、知识经验库建设、数字化样车评审、虚拟装车验证、数字孪生技术应用、生产线虚拟调试及虚拟培训等。

3.制造技术向数智化转型升级

数智化改变了汽车生产管理、过程管理、质量控制、制造执行和物流管理的方式。新的技术提升了效率，稳定了产品质量，降低了劳动强度。

采用的数智化技术包含但不限于以下方面：整车跟踪定位系统、满足订单式生产的制造执行系统、满足订单式生产方式的高级排程系统、在线检测智能化、过程监控自动化、智能化防错、工艺监控透明化、大数据分析预测、自动化智能工作站、能源管控系统及设备管控系统等。新能源汽车动力电池合装（见图2）就采用了数智化技术。



图2　动力电池合装

4.质量管理向数智化转型

质量管理数智化技术的一个最重要的功能就是能提供稳定可靠的产品质量，实现用户对产品质量的愿景。通过建立AVI整车跟踪定位系统实现产线车型智能识别及防错、在线实时监控、工艺参数精确控制、质量状态实时检测及大数据分析与预警等，提升了汽车零部件和整车的质量水平及稳定性。

主要的数智化技术有：数字化全面质量管理平台、一车一档（数字化质量档案）、数字化质量门监控、质量数据联网及分析、过程质量监控管理、质检知识库、缺陷定义标准化、数字化间隙面差检测系统、工艺参数数智化监控管理、视觉识别缺陷及3D测量与统计分析系统等。

5.物流管理向数智化转型

汽车生产过程物流量巨大，特别是新建的工厂往往都超过了60JPH（件/小时），有的公司一个基地的产能就达到了200JPH，需要生产多款车型，其零件物流、整车物流将会呈几何倍数上升。因此物流管理出现了许多数智化转型升级技术，如：智能化立体库、智能配送系统、智能存储管理、智能化物流防错系统、智能化排序管理、转运自动化及智能调度系统等。

6.销售服务向数智化转型

汽车合资公司引入的4S店垄断式销售模式，在电动汽车公司和新势力造车公司的冲击下，已经不能适应几乎人人拥有智能手机的互联网时代销售格局。新的数字化终端销售模式应运而生，引领汽车销售服务走向了一个全新的数字化时代。

数智化转型升级的重点项目实践案例

近年来汽车智能制造数智化转型取得成功的案例很多，且各有各的特色，下面介绍几个重点项目实践案例，可以对标思考，借鉴学习。

1.特斯拉上海超级工厂：通过数智化手段实现成本控制和快速交付

（1）数字化的物流体系　没有仓库及备料区，零部件从集装箱里取出来就直接送上生产线，省却了先卸货再备货的两道工序，实现零库存。

（2）大联合厂房　冲压、焊装、涂装、总装和电池车间都规划在一个超级联合厂房内，场内物流路径最短。

总装零件总成模块化供货、高度集成，车型通用件达到70%以上。独创了很多模块化技术，如一体压铸成型的车身骨架，70种冲压件合而为一。

工厂生产管理系统实现了高度智能运作，包括物料系统、生产运营系统及企业ERP系统等可实现快速个性化配置，记录所需数据。比如工厂员工使用的扭力

扳手上，扭矩、操作位置及角度等信息都全部精确记录在生产运营系统里，具有很高的可追溯性，一旦遇到问题，可以追溯到零件级，追溯到具体工位和每一个细节。

2.东风日产云峰工厂：数智化技术缩短新车型开发周期

1）建立了具备工程仿真、工艺仿真和工艺设计能力的数字化工艺设计平台，覆盖全部工艺业务流程，实现了网页版标书编制与管理，并与IOT（物联网）、DM（数字化制造）等周边系统集成的数字化解决方案相联。从三维工厂设计、工厂仿真到工艺规划、工艺仿真及专用工装设计等一系列应用，并与生产、库存、物流等七个子系统互联集成，为新车型的导入奠定数字化设计及验证的基础，投产半年就已快速导入了三款车型生产。

整个工厂采用了大量机器人等智能化设备，工艺数据采集率85%，焊装自动化率达到90%。

2）构建了工业互联网平台，实现了设备数据（4000+设备、17万个设备数据点采集）和传统信息系统数据的汇集，按照人-机-料-法-环的横向维度和工厂-车间-产线-工位的纵向维度对数据进行统一的治理和“物”建模，实现了工厂级QCTSM共9类83项指标的实时计算和监控。支持工厂信息的快速传递和生产异常的高效决策，构建起通过重构管理组织来进行工厂业务数字化运营的新模式。

3.比亚迪西安三线：通过数智化实现成本控制、质量管理和快速交付

这条生产线是2022年9月份建成投产的一条新的生产线，设计节拍75JPH。生产线上大量采用机器人，焊接、涂胶和喷漆全部实现了自动化，总装线上建有车门密封条、天幕涂胶、风窗玻璃、车轮、座椅和动力电池拧紧等智能化工作站，底盘合装、液体加注和天窗装配等实现了半自动化。由MES分发工艺数据及接收采集的数据，建有AVI、中控台、能源管理、设备管理、安灯、SPS（成套配装系统）、力矩管理、仓储管理和质量管理等信息管理系统，实现了生产线信息系统互联互通（见图3）。



图3　车门总成焊接线

通过数字化的订单及生产计划管理系统，白车身库、彩色车身库和中间零件库等物流系统满足生产计划的超柔性生产，整车库按最多存放三天的产量设计。

同时，建设了数字化工艺设计平台与产品设计平台互联互通，开展同步设计及验证。

4.红旗繁荣工厂：通过数智化技术提升产品质量、建立国产高端车形象的产品核心竞争力

（1）现代化的标杆工厂　全自动化焊装车间有628台机器人，焊接/涂胶自动化率100%，总装自动化率30%，实现了“能自动化的项目都自动化”的理念。能实现多品种并行生产，采用“三明治”重构工装技术、双飞翼式全自动天车换模技术等实现柔性生产，其多色彩开发和喷涂技术实现涂料利用率接近100%。

（2）智能化的新型工厂　采用信息化系统、智能装备和大数据应用，实现新型智能制造模式，开发了智能化生产调度系统、智能化质量管理系统、冲压自适应配方技术、设备智能运维系统和大数据云化数据中台，建立了业务数据分析模型及导航式自动评审模型等。

（3）绿色现代化的未来工厂　强化了绿色工艺、环保材料和清洁能源的应用，采用热能回收、光伏发电及PVC免烤工艺等节省能源。

5.广汽埃安：通过数智化手段提升产品个性化定制及快速决策能力

1）建成了全球领先的智能纯电专属平台汽车工厂，通过数字化手段，在运营管理、柔性生产、智能决策、定制化生产和能源综合利用等方面处于国内领先水平，并大量采用数字化智能化设计验证技术，提升验证水平，2020年获评“中国标杆智能工厂”。

2）实现了传统批量化生产向大规模互动式定制的转变。埃安工厂可让用户深度参与汽车设计制造，享受个性化体验；建立营销数字化推送平台，通过数字化手段开展营销数据分析、管理和决策。

3）建立了一站式决策中心、全面预算管理闭环两大数字化项目，打通预算编制→立项→财审→采购→招标→联签→合同→支付→核算等9大业务，将12大系统/子模块精准固化到IT系统中，审批节点减少了75%，单环节审批效率由18天减为2天，审批时长节省90%。

6.重汽集团：通过数智化手段提升集团产品满足市场个性化需求能力

1）构建了汽车制造执行系统平台，由运维管理、生产管理、物资管理、质量管理、BOM（Bill of Materia）管理、整车管理、总成管理（车身、车架）、决策支持、供应商管理（即商务平台）、采购管理、财务管理、智能协同及移动管理等十三个模块组成。

2）构建以整车设计BOM、工艺BOM、制造BOM和装配BOM为核心的整车BOM管理平台。通过BOM的分段管理，实现工艺对生产、物流、财务等业务的全生命周期支持。

3）构建以交付期为核心的生产管理运营平台。优化生产管理，采用物流配送计划和智能交接物流管理模式，实现精准物流和快速交付。

4）建设企业级质量数据应用信息化平台。对质量数据进行整合，建立结构化、分层次的产品质量档案与追溯系统，形成按照装配结构建立总成、分总成、零部件多层级质量档案，提高企业运营监控、分析、决策及风险防范能力。

通过数智化转型提高了制造效率、物流平顺性和生产敏捷性，并提升了产品质量。

2023年数智化转型的重点方向展望

汽车智能制造技术在快速发展，企业数智化转型升级的步伐和决心也在加大，展望2023年，汽车制造数智化转型聚焦的重点方向有10个。

1.围绕打造公司汽车产品的核心竞争力而展开的数智化体系建设

每个公司生产的汽车产品目标群体有所区别，着力点及重点不尽相同，但都是围绕如何提升汽车产品的核心竞争力及提升销量而开展智能制造实践。

数智化转型升级应该有一个系统规划，围绕数字化规划补短板，强长板，让强者恒强。

数智化转型升级也开始由点到面，强化公司整体数智化体系建设，并通过数智化体系的保障能力，提升产品核心竞争力，促使公司的汽车产品能持续不断地得到用户的认可，大幅度提升汽车销量。

2.围绕打造满足汽车个性化产品及选装需求而展开的数字化制造能力建设

新时代，用户对汽车的个性化需求千差万别，随着新的数字化营销方式的兴起，满足用户需求的订单式生产方式应运而生，需要建立起数字化的工艺指导、订单管理、计划管理、高级排程、选装工艺、个性化零件配送及防错、数字化装配指示系统等，使MES功能全面提升至具有智能制造管理功能的MOM（制造运营管理）系统。

3.围绕打造高效管控制造过程质量的数字化保障能力建设

良好的产品设计和优秀的工艺设计是产品质量的基础，但汽车制造过程复杂，工序多，产业链长，影响因素繁复，因此建设高效管控制造过程质量的数字化保障能力成为新的趋势。

采用数字化技术改善过程监控、数据分析和预警预测预控，建立全过程全工序数字化的质量管理体系及流程，实现质量管理的透明化和预控化，提升产品品质的一致性。

4.围绕打造降低制造成本的数字化成本管控能力建设

从产品设计和工艺设计开始采用仿真分析、虚拟制造等数字化技术优化产品结构，简化制造流程，提升通用率和模块化率，从而实现成本的降低。

在物流和制造领域，通过数智化技术实现减少物流环节，减少重复包装，优化制造工序，优化人员配置，提升自制率，全流程降低产品成本。在管理领域，通过数字化技术，优化计划和库存管理，强化能耗管理，降低废损，减少浪费，实现成本降低目标。

5.围绕缩短产品开发周期的数字化产品开发能力建设

产品设计、工艺设计、试制验证、量产准备及生产验证等新产品开发环节都将引进数字化技术，建设三维产品/工艺数字化设计平台，实现数字化设计、虚拟评审、仿真分析、方案虚拟验证、数字化样车制造、产线虚拟调试及数字化生产准备，从而缩短新产品的开发和生产准备周期。

6.围绕快速交付产品的数字化交付能力建设

近年来，由于汽车芯片紧缺及疫情等因素的影响，汽车产品尤其是新能源汽车的交付能力遇到了很大的困难，新的一年，汽车公司在改善交付能力方面将会应用更多的数字化技术，建设供应链管理系统、敏捷物流系统、仓储管理数字化系统及生产调度系统智能化等，提升企业的抗风险能力和适应市场变化的快速交付能力。

7.超级BOM系统取代传统的BOM

超级BOM不仅能管理整车明细表，而且能管理3D数模。明细表中的零件号能与相应的数模对应及联动，支持数字化工艺设计，支持同步工程虚拟仿真分析，支持3D工艺文件设计，支持虚拟样车试制，支持个性化定制管理、支持一车一BOM，支持订单式生产制造，支持零部件物流智能化。

因此，超级BOM系统能够覆盖企业产品数据全生命周期、全价值链和全业务领域管理，支持产品主数据、结构、数模和配置管理，颜色方案及软件等生命周期管理与应用；能够实现产品数据管理流程标准化、规范化、电子化，实现集团化管理和异地协同；能帮助企业实现模块化设计，打通企业各部门之间的数据壁垒，提高内外协同效率，提升创新能力和经营管理水平。

8.构建智能制造数字化管理平台

融合数字化工艺、MES、APS（一体化计划编制高级排程系统）、QMS（质量管理系统）、LES（智慧供应链协同）、仓库物流管理、设备管理、能源管理、安灯系统及订单式生产管理系统等数字化模块，形成智能制造数字化管理平台。

围绕生产执行过程实现工厂设备与各信息系统的互联互通，生产过程透明化，资源配置协调化，生产组织高效化，状态监控数字化，实现各类数据的自动分发、实时采集、智能分析和异常预警，构建以顾客满意为核心的质量管理流程和敏捷的生产制造体系，为汽车产品赋能。

9.机器人自动化工作站覆盖更多应用场景

随着视觉技术、机器人技术和自动化控制技术日趋成熟，产品成本进一步降低，质量一致性要求不断提高，促进了机器人自动化工作站得到更广泛应用。各种应用场景的智能化工作站建设，在焊接、打磨、涂胶、装配、搬运、拧紧及检测等工位用机器人取代人工作业，并能自动获取过程工艺数据（见图4）。特别在商用车生产线也会出现更多的机器人自动化工作站取代原先的人工工位。



图4　机器人自动涂胶及安装风窗玻璃

实际上，机器人自动化智能工作站之所以受到越来越多企业重视，并不仅仅是简单地取代人工作业，而是企业数智化转型的需要，它能够让劳动者二次解放，提升效率，实现对用户的质量承诺，为公司产品赋能。

10.围绕用户体验构建数字化营销能力

围绕用户全生命周期体验的全场景数字化营销解决方案从新能源汽车企业向全行业扩散。营销及收集售后数据将不再仅仅依靠传统的4S店，而数字化的汽车销售终端APP连接起了每一个客户，从产品开发的信息收集、售前培育、到店体验、购车引导、用车体会、售后服务、车辆维修指导及信息反馈等各个阶段

都可以帮助用户，构造各具特色的数字化营销能力，支持4S店销售平台、网络销售平台和直营店销售平台的客户购车及用车指导。

结语

总之，汽车制造全面向数智化转型升级的趋势不可阻挡，适应这个趋势并转型成功的企业将会得到更大的市场份额，建立起市场地位，赢得先机。

数智化转型升级大致分为三步：

第一步，建设智能工作站，开发相应的信息系统，通过工业互联网联接生产线上的各类自动化设备，实现互联互通。采用传感器实现在线数据的自动采集，实现生产全过程的透明可视，建立起数智化营销平台。

第二步，通过数字孪生技术实现虚拟调试、仿真分析和改进改善活动。通过采集的大量数据搭载未来模型实现智能预测、预控及预调，并为决策者和工作人员提供基于数据的决策方案。

第三步，通过大量机器学习和模型运用实现自主决策，将智能制造升级到更高的层次，实现产品研发、生产制造、销售服务和成本管控取得更大的提升，更加贴近用户不断增长的需求。

因此，要成功实现汽车企业的数智化转型升级，需要企业家、企业管理者和工程技术人员通力协作，一步一个脚印地向既定目标迈进。AUTO1950

（上接第15页）

量应用。

极限制造方面，采用高效制浆技术，实现高效合浆效率量产能力，批量用于各量产基地。采用高速极薄集流体宽幅涂布和宽幅辊压技术提升电极制造效率，涂布辊压的幅宽、效率及薄集流体应用。

智能制造方面，中创新航将生产线仿真和工艺仿真技术用于生产线及工艺设备开发环节，在匀浆仿真、涂布仿真和制造热管理仿真等维度取得关键成果，为产品和工艺实现及降本增效持续赋能。同时，公司生产线已经实现了大数据应用、云计算与机器感知。同时聚焦更高层次的数据应用，同步在智能监测、AI自分析和闭环自调整等方面深入研究，实现精益自动化、数字化和智能化的深度融合，支撑TW·h时代的大规模制造。

结语

1）4680电池大规模量产仍存在瓶颈，但前景可期。硅负极技术、干法电极技术还不成熟，全极耳生产效率还有待提高。由于技术迭代的时间短，4680电池工程化在生产效率和质量控制方面仍存在矛盾。但作为一款新型的动力电池，4680大圆柱电池在生产成本、安全及性能方面很有优势及市场前景，这从松下、宁德时代和亿伟锂能等电池厂商以及特斯拉、宝马等汽车厂商纷纷提前布局就能看出端倪。大规模量产后，也一定能提高圆柱电池的市场占比，并与方形电池、软包电池一起满足新能源汽车的市场需求。同时，4680电池的低成本、高性能和技术创新密不可分。采用无钴高镍正极材料、硅基负极材料、全极耳结构及干法电极工艺等先进技术可降低电芯生产成本，提高电芯能量密度和充放电效率。根据最新的消息，4680大型圆柱电池的量产取得了重大突破，美国加州弗里蒙特工厂生产了86.8万颗大圆柱形锂离子电池电芯，能够支持1000辆Model Y装车。

2）长薄刀片电芯+高速叠片工艺正成为方形电池发展的主流趋势。与卷绕工艺相比，叠片工艺更适合长薄电芯，且优势开始凸显。更高的能量密度：在相同体积的电芯设计情况下，叠片电芯的能量密度高出约5%左右；更稳定的内部结构和更高的安全性：不存在拐角内应力不均匀问题，每层膨胀力接近，因此可以保持界面平整，内部结构更稳定，同时拐角处受力均匀，断裂风险降低；更长的循环寿命：极耳数量是卷绕电池的两倍，内阻相应降低10%以上，循环寿命比卷绕高10%左右；同时更适合做大尺寸、高倍率和异型电池。然而，叠片工艺具有生产效率较低、占地面积大、良率不如卷绕、设备投资大及技术难度大等缺陷。但随着以蜂巢能源“飞叠技术”为代表的叠片技术迭代，这种缺陷正在逐步消失。预计2025年长薄化电芯需求量将超1300GW·h，市场需求大，发展进入快通道。AUTO1950