模块化装配生产在汽车总装生产工艺中的运用研究

柏孟韬
（广汽三菱汽车有限公司　湖南　长沙　410000）

摘要：汽车生产工艺的安全性、舒适性是人们对汽车生产工艺的最高要求汽车模块化装配生产能够满足这些市场需求，提升汽车装配效率，降低汽车生产成本，缩短汽车的生产周期。通过优化汽车模块化装配生产技术，能促进汽车行业高质量生产汽车，提高经济效率。本文在对模块化装配生产工艺技术进行梳理的基础上，分析模块化装配生产在汽车总装生产工艺中的运用及趋势。

关键词：模块化装配生产；汽车总装；生产工艺

0　引言

为了更好满足人们需求，汽车企业不断优化制造工艺，提升汽车的科技感和舒适感，模块化装配生产越来越广泛的在运用当代汽车制造行业中。模块化装配生产工艺能提高汽车的安全系统，降低汽车生产成本，提升汽车企业的市场经济地位和市场竞争力。当前汽车供需市场很大，而汽车的生产成本是影响汽车企业的市场竞争力的主要原因之一。为了追求市场占有最大化，每个汽车企业都在不断优化生产模块，提升生产效率。而汽车企业装配生产线则是以客户订单的个性化需求为准进行生产，具有动态性和不确定性，模块化技术、产品组合和装配序列的规划等是最核心问。科学设计装配生产线，实施模块化装配生产是汽车行业发展新趋势。比如一汽大众在中国汽车市场的发展趋势非常迅猛，短短几年时间跃居销售排行榜首位，2019 年超 212 万辆，2020 全年累计终端销量达 216 万余辆。一汽大众取得如此优秀的成绩，模块化生产有很大推动作用。一汽大众是最先采用先进模块化生产的汽车企业，模块化生产的柔度比较高，可以大大降低总体的生产成本，提升生产质量。

1　模块化装配生产基本概述

1.1　汽车总装生产模块化的含义

模块是具有独立功能，并具备几何构建输入输出的单元构件，模块化生产不仅节约成本，还满足飞速发展的市场需求。模块化生产就是将复杂的生产工艺流程进行分解，再简单化和动态化，从而提高生产效率。近年来很多大型汽车企业都在优化汽车标准化生产，将不同车型配件实行模块化生产，降低一定的成本。随着汽车制造技术的创新和改革，汽车生产中也将逐步引入系统化、集约化及数字化生产模式，提升汽车总装的生产工艺。

模块这个概念起源于美国，最初用于制造军舰，后来模块化理念运用于各个行业，汽车模块化技术是当前汽车生产运用较多的方式。汽车最初是以生产流水线方式进行生产，20 世纪福特公司制造 T 型车，这是最初的生产流水线方式。生产流水线方式改变了传统的汽车发展速度，降低了汽车生产成本和周期，生产流水线的作业方式提升市场占有率，为模块化生产奠定了坚实的基础。到了 20 世纪 80 年代汽车装配发生了第二阶段的革新，平台式生产方式。共线生产越来越深入人心，同一个平台生产的汽车配件具有相同的结构要素，比如汽车的翼子板、车顶轮廓等都是用其生产线结构通用性进行生产，共线平台式生产更优于 T 型车设计。直到如今汽车总装发生了第三阶段的变革，模块化生产。模块化生产已经在汽车行业大量运用，有着丰富的实践经验，而汽车革新重点是零部件工艺生产方面，汽车企业将汽车模块设计优化，提高汽车零部件的品种、质量和自动化水平，不同的轴距、发动机变速箱、车身结构、空间尺寸可以实行模块化生产优化汽车安全及舒适度。据智研咨询发布的《2020 － 2026 年中国汽车底盘零部件模块化行业市场现状分析及投资价值研究报告》指出，我国在 2019 年汽车底盘零部件模块化市场规模达到 730.16 亿元，同比 2018 年的 597.9 亿元增长了 22.12%。2020 年受到国内外大环境影响，我国汽车零配件产业市场进入调整期，汽车的产销量同比下降，2020 年产销量分别为 2522.5 万辆和 2531.1 万辆，同比下降 2.0% 和 1.9%。到了 2021 年产销量分别为 2608.2 万辆和 2627.5 万辆，同比增长了 3.4% 和 3.8%，汽车零配件出口金额达到 617.1 亿美元。这些数据说明了汽车模块化生产也将迎来历史革新，智能模块化生产将是车业未来发展的目标。

1.2　模块化装配工艺设计

1.2.1　前端模块设计

汽车前端模块化是汽车模块设计的重要组成部分，

使乘车设计和组装设计发生了新变革。传统的汽车前端包含的零部件达到 20 ~ 30 个，模块设计优化汽车前端模块，将汽车的前横梁、大灯、散热器、冷凝器、保险杠等进行分线组装再进行整车总装。前端模块设计工艺注重模压和注塑热塑性塑材，而汽车前端模块常用的是玻纤、长玻纤增强 PA 或者长玻纤增强 PP 材质，通过模压成型使前端模块与整体安装更加便捷高效。汽车各个前端零部件将交付主机厂，在总装线上按照安装工序进行逐一装配，前端模块化生产实现了主体部件的一体化，使主机厂无需单独开小线组装再上总装线，节约了总装线长度。比如一些紧凑型和中型汽车，还有一些 SUV 和正常规格的皮卡也使用前端模块，开发或购买完整的前端模块，降低模具成本，据说有些情况下可以降低 20% ~ 30% 的成本。车型之间的差异可通过采用不同的蒙皮以及做不同的美观处理得以实现，即更多地依靠全球技术平台开发面向不同区域的车型，符合汽车模块总体发展趋势。

1.2.2　汽车仪表模块化设计

汽车仪表模块化工艺设计是优化汽车的重要组成元素，汽车企业只有规划好模块开发管理和设计流程，才能满足市场多元化需求，提升集成装配设计的高效生产。汽车仪表是集成仪表、空调、安全气囊、操纵件等零配件的综合平台，是汽车内饰中的重要组成部分，系统庞大且复杂。汽车仪表零配件比较多且安装复杂，而车内的空间比较小，只有在不同生产模块上完成后再与汽车合装，才能提高汽车装配速度。对仪表板的设计工艺应从整车造型出发，满足使用者操作方便需求，合理规划好信息系统和视线范围问题，从而简化总生产线安装问题。

1.2.3　车门结构模块化设计

车门结构模块化主要有以下几款车型工艺设计，轿车、SUV、面包车、卡车车型模块化。车门是是由内外板的两大模块组成，工艺形式则是压合包边或者机器人包边。对不同档次车型的设计模块工艺也有所不同，有整体式、分段式两种形式，两种形式的成本也有所不同，分段式的成本造价相对高些，这也是大多数中高档车型选择分段式的重要原因。

2　模块化装配生产在汽车总装生产中的积极作用

2.1　降低生产成本

创设汽车生产方式，提升生产效率才能保证汽车企业的市场占有份额，获得更大的利润空间。汽车所包含的零配件比较多，而且主生产需要完成的工序比较多，将汽车零配件分别在几个装配线上进行生产加工，可以减少主线的工作时间和输送线的长度，降低汽车的总成本，从而降低汽车生产企业的各项开支。

2.2　提高装配效率

模块化装配生产相当于拆分生产车间生产线，所有模块都在分装线上进行组装，完成再进行并装，实行并行式组装，这样可以减少各个配件流程上的时间损耗和外在影响因素，从而大大提升汽车总装生产工艺的效率。

2.3　减少安全隐患

模块化装配生产是进行同质量大规模生产，工作只针对模块设计并对模块进行组装，不需要另外进入车内操作。不仅提升了员工组装操作工作过程中的舒适度，还大大降低了组装过程的劳动强度，减少安全隐患，对员工的身体健康有很大的帮助。机械操作和人工辅助组装的安全性能更优于传统的生产组装线。

2.4　保证汽车品质

汽车装配的各个环节是紧密相扣的，一旦一个环节出现问题，就会影响各个环节的实施。汽车装配经历了从纯手工打造——生产流水线方式——汽车平台式生产——模块化生产方式的发展历史，可以看出，模块化装配生产更符合市场发展。满足安全生产提升质量的前提是提升汽车使用舒适感，使企业使用配件得到更大更广泛的应用，将不同生产线生产出来的零配件在模块化生产线中搭建，通过各个分线组装而成。虽然汽车配件是相互关联的，但是模块化生产恰恰削弱了组装过程中的相互影响，减少对汽车的人为伤害，提高生产品质的把控力度。

2.5　提升市场应变力

模块化装配生产各个模块之间是相对独立不可替代的，模块研发、试行、生产、变更、换代等过程中可以独立完成，缩短开发时间，及时应对市场需求，提高汽车企业的市场竞争力。汽车企业推行模块化装配生产，使汽车零配件贡献率越来越高，不仅降低了汽车制作成本，同时也降低了消费者的用车养车成本。模块化装配生产是当前最为实用的生产模式，但模块化装配生产也存在一定缺点，比如大规模模块生产就会导致汽车零配件共用同一规格型号，一旦一个模块出现质量问题，将会出现大面积汽车质量问题。目前模块化装配生产是最为适合汽车发展的道路，不仅能丰富汽车产品系列，还降低了生产成本和维护成本。模块化装配生产对汽车革新发展起到积极推动作用，符合时代发展趋势。相关部门及汽车企业必须严格把控配件质量，选择更可靠的汽车零配件供应商，保障消费者的安全性和舒适度。

3　模块化装配生产在汽车总装生产工艺中的运用

模块化装配生产促进了汽车总装生产工艺的不断优化创新，使当前市场的汽车零配件更趋柔性化、自动化、模块化的智联装配应用，为汽车总装生产工艺的各个

环节创造了市场价值和社会价值。人们对汽车需求不断更新，汽车的迭代发展速度比较快，同一个模块生产线要兼顾不同的车型，汽车企业也在不断探索新的生产方向以满足市场需求，使汽车总装最后的工艺趋向于模块化、智能化、柔性化和数字化，而这些技术在汽车总装生产线建立更科学更经济的发展优势，提升汽车总装生产线多车型混线能力。

3.1 混合装配工艺的拧紧应用

针对不同的行业拧紧工艺要求不同，汽车总装生产工艺中拧紧工艺是装配的核心工艺之一，不同步骤关键因素所使用的控制方法不同，拧紧工艺所选择的螺栓规格及标准也不同。汽车行业的安全永远是发展的首位，因此汽车拧紧工艺也是非常严格苛刻的，拧紧工艺贯穿于整个汽车总装生产始终。拧紧工艺应选择合适的紧固材料、合适的装配方法、正确的螺栓尺寸，使拧紧系统的夹紧力恰到好处。混合装配工艺的拧紧就是当前汽车模块化生产组装重要工艺手段，进行负荷多步拧紧工艺，来保证装配汽车质量。此外，汽车总装主线中会不断增加车型出现多车型混线生产模式，无形增加生产交货期。为了应对市场规模不断扩大，汽车总装厂不断提升装配技术，提升模块化装配生产能力，融合智能化和自动化技术提高产品的质量，以满足新兴市场的发展需求。模块化装配生产是汽车总装工艺汽车制造重要环节，在规模、质量、即时性、成本及产品先进性等方面都影响着市场竞争力，只有不断创设生产技术、提高生产效率，才能在汽车行业中占据市场地位。

3.2 实施柔性自动化装配措施

运用模块化装配生产的应用中以将渗透柔性化装配方式来解决汽车总装生产工艺的不足，比如当前运用比较典型的自动化装配生产方式是由控制器、安装支架、拧紧工具、部署装置、坦克链、平衡吊等几个重点工位安装部件组成。而这些工位未来将实施柔性化措施，改变传统的空间布局问题，减少组装生产车间的设备耗损，实施全自动模块化装配和人工装配结合，实现自动生产车间,包括装配过程中取料取件环节。除此之外，还实现了自动化检测，使汽车总装生产工艺更具高弹性和高灵活，提升模块化装配生产的效率。

3.3 总装工艺技术模块化应用趋势

汽车总装工艺采用模块化设计对汽车零配件进行标准化生产和统一装配，提升生产工艺的高效化和统一性。在模块化的应用还积极融合其他创新技术，比如自动化、机械化、智能化等前沿技术。多种技术和模块化系统结合有利于缩短生产周期，就目前模块化应用较多的主要有电子控制系统模块化和产品结构模块化两大类。

3.3.1 电子控制系统模块化

模块化发展是新时代的趋势，利用模块化设计来实现更大规模的生产，提高企业的分享能力和应用能力，车联网科技发展就是对模块化的应用，为体验者提供了信息娱乐的作用。ECU（电子控制单元）是模块化发展趋势的一种，和各种汽车通用模块整合，包括传动、车身、安全驾驶等功能，从而提升汽车的服务质量，提高汽车模块集成操作系统，实现电子控制系统集成模块化。

3.3.2 产品结构模块化

模块化装配生产是注重提升产品结构，实施产品平台化是企业控制成本、实现可持续发展的重要策略，企业在产品生产中追求规模化目的也在于控制生产成本、提高利润。产品结构平台化在节约开发和分摊制造成本、提高产品的衍生能力等方面具有极大的优势，产品结构模块化就是汽车的各个子系统分别生产并最终实行总装。当前汽车前端、车门、底盘、顶棚、油箱、仪表板等应用产品结构模块化生产较多，提高装配产品结构模块化的功能性和适应范围。

以常见产品底盘产品结构模块化的发展应用分析。钢板是汽车底盘基本之一，要想底盘与车身联动，就必须做好底盘与车架的集成。汽车底盘集成了车辆的所有核心系统，因此将汽车底盘平台实行集成化、柔性化系统是模块化技术生产难度最高的一项研发。采用底盘合车工装中包含着前托盘、中托盘和后托盘三部分形成多组合柔性化，多种柔性化是实现扳倒式、伸缩式及限位块式定位销的运用，同时在不满足不同车型的底盘及轴距等问题的合装，使汽车模块化装配生产更加便捷。另外，底盘模块化的集成程度高。

除了柔性化组合外，底盘的模块化集成融合度最高难度最大的技术，其包含传动系、行驶系、转向系、制动系等，而这些系统集成难度高，集成安装难度大。常有言“只有具备平台化集成的车企才算技术先进”，这也恰恰说明模块化集成是当前优化生产技术最有效的实施手段。此外，底盘标准件自动拧紧技术应用是模块化装配生产工艺优化，实施高精度电动拧紧并利用信息化系统集成进行标准安装和监测，从而实现模块化、网络化装配制造，优化汽车工艺生产过程，提升车辆品质和保证车辆的安全。

3.4 汽车总装机械应用

生产总装是最后一道工序，包含装配的检测和调整，而装配就是将各种零件、部件、合件或总成，按规定的技术条件和质量要求联接组合成完整的产品，充分发挥各种零件的应用功能。装配联接有活动联接和固定联接两种方式。

活动联接可以分为可拆和不可拆的两种方式。可拆

式活动联接，是指在两件或是两件以上的零配件的应用，相互运用是具有一定的独立性，可拆卸后再安装，并不损坏任何的零配件，比如铰接、圆柱销的联接。不可拆式活动联接，就是零配件之间是相对运动，不可拆或拆开后损坏一件或是多件，比如汽车的轴承。

固定联接也可以分为可拆和不可拆。可拆式固定联接是零配件可以拆开，重新安装后不受影响，但是相互零配件相互之间是不能活动的，比如螺栓螺帽的联接。不可拆式固定联接，是指两件或是两件以上零配件之间的相互联接后不能活动，而且不可拆，一旦拆开就造成损坏需要修复或是更换，比如汽车工艺中的焊接、铆接、热压工艺等。而这几种接法是在汽车生产总装工艺中零配件应用常见的联接方式。总装车间的机械安装设计应积极采用高柔性、模块化生产线体，从而提升总装机械安装的生产效率，保证整车产品品质。

4 结语

综上所述，模块化装配生产可以提高汽车企业应对市场变化的能力，是汽车生产发展的大势所趋和必然选择。模块化装配生产能够优化汽车生产技术，发挥模块其独有的集成性和系统性。汽车企业在完成模块化生产的同时完善生产平台的架构，积极将汽车生产中多个模块集成，不断优化和研发汽车系统集成，打造模块化、智能化、数字化汽车生产线，普遍推广模块化汽车制造，提高汽车的装配质量。

参考文献：

[1] 陈浩加．汽车总装生产工艺中模块化装配的应用研究 [J]. 山东工业技术，2017(5):287.
[2] 吴永朝．汽车总装生产工艺中模块化装配的应用研究 [J]. 数字化用户，2018,24(8):102.
[3] 陈丽．关于模块化技术在汽车总装工艺应用的分析 [J]. 内燃机与配件，2019(15):39-40.
[4] 张丽珍，邵祺，杨加庆，等．汽车装配标准工时设计中模块化设计方法的研究 [J]. 现代制造工程，2017(5):120-125.
[5] 李红彬，宋萍萍．汽车零部件模块化装配作业分析应用研究 [J]. 汽车实用技术，2015(10):29-32.

作者简介：柏孟韬（1975.08-），男，汉族，湖南长沙人，本科，工程师，研究方向：汽车生产总装、涂装工艺及自动化控制等。

（上接第 47 页）

8 未来展望

目前，微流控芯片相关产业的急剧增长已是不争的事实。POCT 的发展趋势应是便携式、手持式、“傻瓜”式；POCT 将和大数据，云计算结合，并寻求更加低廉的成本；POCT 操作简单，无需专业人员，直接输入体液样本即可迅速得到诊断结果，并将信息上传至远程监控中心，由专业医生指导保健或治疗（处置），因此对于上述特定场所对象疾病的及时发现和治疗具有突破性的意义。

9 结语

中国被认为是在微流控芯片领域研究水平较高的国家之一，但国内的血气生化分析仪微流控芯片产业仍处于起步阶段，远落后于欧美等发达国家。世界范围内的微流控芯片的科学研究及产业竞争也将日趋激烈。未来 10 年、20 年内，微流控芯片注定成为一种被深度产业化的科学技术。

参考文献：

[1] 海南德名声科技有限责任公司．一种血气分析仪微流控芯片及应用，202210014533.X [P]．2022-01-07.
[2]Soren Christian Krogh, Stenløse (DK). APPARATUS FOR HEMOLYZING A BLOOD SAMPLE AND FOR MEASURING AT LEAST ONE PARAMETER THEREOF,US 9097701 [P]．2015-07-04.
[3] 林炳承．微流控芯片的研究及其产业化 [J]. 分析化学，2016,44(4):491-499.

作者简介：孙明伟（1961.05-），男，汉族，浙江宁波人，本科，高级工程师，研究方向：POCT 领域、血气生化分析仪和相关微流控芯片技术应用。