

浅析柔性制造系统工艺优势及发展趋势

韩娜^{1, 2}

(1 包头市职业培训技术指导中心 内蒙古 包头 014060; 2 包头高技能人才公共实训中心 内蒙古 包头 014060)

摘要: 目前, 柔性制造系统是全球制造自动化技术发展中最为先进的一项工艺技术, 其为机械加工制造行业实现个性化定制提供可能。柔性制造系统的创新和应用将助推我国制造业转型升级, 提升技术水平竞争力和品牌影响力。本文针对柔性制造系统展开具体分析, 并深入研究了柔性制造系统的工艺优势及其未来发展走向。

关键词: 柔性制造系统; 柔性; 优势; 发展趋势

1 柔性制造系统的概念及应用范围

柔性制造系统(FMS), 属于计算机集成制造技术及系统(CIMS)系统的子系统, 是现代化工业自动化制造的一部分, 是具有代表性的一项自动化制造系统。其通常由计算机控制系统、数控加工及物料储运等装备多个柔性制造系统组成, 可基于生产制造的任务或环境的改变而进行相应变化。该系统由多模块组成, 主要应用于个性定制、中小规模生产和实验试制等领域如图所示。

2 柔性制造系统的发展现状

英国 Molins 公司在 1997 年设计出首个柔性制造系统之后, 社会在产品的丰富性、生产的短周期及低成本上的要求日渐增高, FMS 由此获得了飞速发展, 并在通信、微电子、计算机, 以及机械与控制设备等技术的不断发展背景下, 也使柔性制造技术得到了优化。美国、日本及西欧占据了全球 FMS 技术的首位。美国 FMS 发

展比较早, 其大部分是通过自动化生产线的改建, 以计算机控制数控来对中心机器进行加工, 规模通常较大, 一般都超过了 9 台, 可加工 3 ~ 150 种工件, 投资约 1500 万美元。与美国不同, 德国的柔性制造系统应用基本是在中小型企业, FMS 规模不大, 一般为 5 台左右, 柔性较大, 可加工 50 ~ 250 种工件。英国与意大利等部分东欧国家也相继开始对自主开发的柔性制造系统加以应用并具有极高水准。既有的柔性制造系统中, 由美国厂商提供的约占 50%, 而剩余的则由日本和德国等其他工业化国家厂商提供。

我国对于 FMS 系统的发展及运用起步较晚, 我国首条 FMS 于 1986 年 10 月在北京机床研究所正式上线, 对伺服电机零件进行加工。我国从 1986 年实施“863 计划”以来, 推动了 FMS 的发展, 自主研发及引进了部分系统。由相关调查统计可知, 中国到 1995 年正式投入运行的 FMS 仅有 34 套, 而 28 套用在生产中(5 套用在对板材的加工), 运用非常有限, 相较于世界前沿水准还有很大差距, 且基本是通过引进而来。自 21 世纪之后, 中国机械行业飞速发展, 在这一背景下, FMS 技术也随之获得更大范围的普及。因 FMS 技术的本身优势, 在具体生产加工中应用该技术的工厂及车间日渐增多, 且获得不错的经济效益。FMS 作为世界自动化制造技术的一项先进科技, 必定会成为制造业在 21 世纪初的一种重要生产方式, 让机械加工工厂的未来前景充满无限可能。

3 柔性制造系统的特性

自动化和柔性是 FMS 的两个重要特征。相较原有单一种类的刚性自动生产线而言, 柔性制造系统的突出优势是其柔性, 如表 1 所示。

柔性主要体现在两方面: 一是系统对自身改变有着

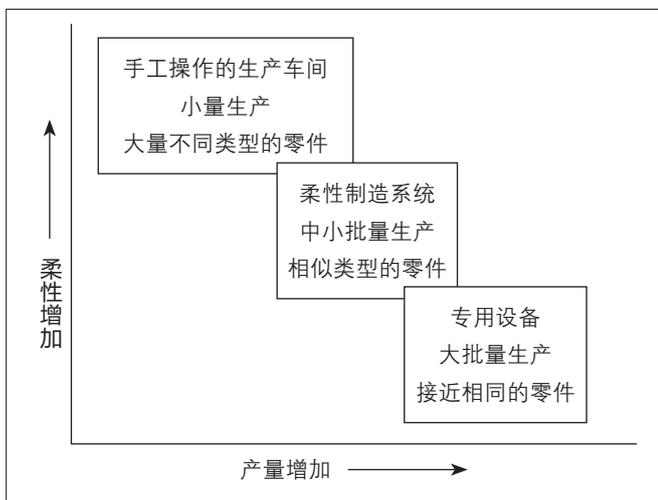


图 柔性制造技术的应用范围

表1 柔性制造系统的柔性

类型	内容
工艺柔性	首先是制造系统中为与原材料或者产品相适应而对自身有关工艺的难易度加以调整；其次是在工艺流程不发生变化的基础上，其与原材料或者产品变化相适应的能力
机器柔性	在需要生产各类产品时，在产品的变化下，机器对各类产品进行加工的难易度
产品柔性	一是产品整体转向或迭代之后，设备可以很快制造出新产品的能力；二是产品迭代后，能兼容与承继老产品的有用属性的能力
运行柔性	应用各类材料、机器及工艺来制造产品和相同产品换用其他的加工的能力
维护柔性	通过不同模式对故障进行查问与处理来确保生产正常进行的能力
生产能力柔性	当生产出现变化的时候，系统依旧可以高效及经济运作的的能力。这项能力在按照订货展开生产的制造系统中尤其关键
扩展柔性	基于生产所需，系统能十分便捷的对自身结构加以扩充并组成更大的一个系统的能力

良好的适应力，它的评估标准主要是系统生产率和系统在没有干扰时预期的生产率的比值，并能用于存在干扰与故障的状况中；二是系统对周边环境的改变有着良好的适应力，主要以系统对于新产品需求的满足度作为衡量指标。“柔性”是相对性的观点，其主要相对刚性而言，原有概念中的刚性自动化生产线需要满足的基本是单一类别与大规模生产的需求。其优势在于生产率较高，设备的稳固性较好，因此其利用率较高，实际单件产品成本则不大。不过其短板在于不仅价格较高，对相似工件进行加工的数量较少，难以应对小规模多类别的制造加工。基于目前规模化生产正逐步被与市场不断变化相适应的柔性生产取代的状况，从某个角度而言，一个自动化制造系统能否在较短的开发周期中制造出优质低成本各类工件的能力，可以对它的竞争及生存能力产生直接性影响，可见柔性的作用极其关键。

4 柔性制造系统的组成及规模

FMS的体量虽然存在极大不同，功能各异，不过都包括了加工、储运管理和计算机管理三大主要系统。基于此，可按照实际需求来选用如监控与测量工作站等相应的辅助工具。柔性制造系统的组成见表2。

表2 柔性制造系统的组成

组成名称		作用	组成内容
基本部分	加工系统	FMS的主体部分，用于加工零件	加工站指的是具备换件与自动换刀作用的数控加工机床
	运储及管理系统	向加工站及辅助工作站运送工件，刀具，夹具等	由工件搬运工资系统建立，毛坯、半成品及夹具组合而成的存储库，如工件托盘运送小车、工件、夹具装卸站、刀具运送管理体系、换刀的携带及运送装置、刀具存储库及组装站等
	计算机控制系统	控制及管理网 FMS 运行	由通信网络、计算机等组成
辅助工作站		选件	按照实际需求，配置多个如监控、在线测重等辅助工作站

根据规模程度 FMS 可分成四大类：其一，柔性制造单元 (FMC)。相较于 FMS 的产生，FMC 晚了 68 年，其通常由工业机器人、数控机床、加工中心和物料储运设备等组成，能较为灵活地对多类产品进行加工，属于最小规模的，特质在于可完成单机的自动化与柔性化，现阶段，已经获得了更广泛的推广；其二，FMS 通常由台或者超过台的全自动数控机床设备（切削及加工等中心）组成，利用集约化工件运送与管理系统相连，可以在机器运转时开展中小规模与多类别的生产控制与生产制造；其三，柔性制造线 (FML)，它是处于单一类别大规模非柔性自动化生产线与多类别中小规模 FMS 间的一条生产线，加工设备通常包括机床、普通加工中心以及专门的机床，它在物料运送系统柔性标准上虽没有的高，不过生产率却大大超过了，最为典型的是不间断制造中的分散型管理系统与离散化制造中的柔性制造系统，主要用于完成生产线的自动性与柔性，该技术已经越来越成熟，目前已经发展至实用期；其四，柔性制造企业，由不同的相连则组成了一个，然后为其配置立体化仓库，借助计算机系统展开联网，构建出由订货-设计-装配-加工-检验-运送-发货的整体，其还通过在生产实践中应用计算机集成制造系统，完成生产系统

的柔性性与自动性，最终完成整个企业的产品制造、生产控制与物料储运的整体化。的自动化生产水准最高，其能将制造与产品的开发连接成一个整体，因此，它是全球最尖端、最现代化的一项自动化应用技术。

5 柔性制造所采用的关键技术

5.1 计算机辅助设计

技术融进专家系统可让其更为智能化，它能促使加速新产品的开发与新结构的研发。

5.2 模糊控制技术

模糊数学的根本在于模糊控制器。近期研发出来的高性能模糊控制器拥有自动化效力，能在控制中持续获得新信息同时对控制量进行自动化调整，从而大幅增强系统的性能，而其中在人工神经基础上的自学特别受到大众的注目。

5.3 人工智能技术及专家系统

到目前为止，柔性制造技术里选用的人工智能所指的基本是在规则前提下的专家系统。该系统借助专业的知识与逻辑原则来加以推断，以解决如阐释、预估、甄别、发现故障、修复、命令、设计、监视、规划与管理等一系列问题。因该系统可以更便捷地把不同的事实和由经验获取到的知识有机相融，从而使柔性制造系统多方面的工作柔性得以提升。在未来，具备知识集约化特性，通过知识来进行处理人工智能（含专家系统）技术必定会在柔性制造行业特别是智能化中发挥出越来越关键的作用。智能制造技术（MT）主要是为了把人工智能引入到生产制造中的所有环节中，通过对专家智能行为的模拟，代替或是扩展人在制造条件下的一些脑力劳动。制造中，系统可以对其的运作状况进行自动化监测，当被外部或内部激励的时候可以对其参数进行自动调整，实现最好的工作状况，拥有自动组织的能力。

5.4 人工神经网络技术

人工神经网络是一类对智能生物的神经网络加以模拟来处理信息的模式，因此同样是一类人工智能工具。从自动控制方面来看，神经网络与专家系统与模糊管理系统具有同等的地位，是自动化系统的组成内容之一。

6 柔性制造系统的优势

6.1 设备利用率高

因将计算机用于生产调度中，只要出现空闲的机床，计算机则会为此机床分配制造任务。通常而言，一组机床若应用了柔性制造系统，则其将得到单机作业条件上相同数量机床3倍的生产量。

6.2 缩短生产周期

零件在加工中心进行集约化加工，会降低机床数量与零件装卡的频次。选用计算机展开良好的调度，同样

可使生产周转期得以缩短。

6.3 具有维持生产的能力

柔性制造系统里的一台或是多台的机床发生故障，计算机能从故障机床绕过，让生产不间断。

6.4 生产具有柔性

能对生产需要变化快速反应，在市场需要或是设置出现改变的时候，在设计能力范围以内，不用改变系统的硬件构造，其具备生产各类产品的柔性。同时，对有短时间需求的备用零件应能进行混合制造，会使FMS保持正常的生产。

6.5 产品质量高

使卡具与机床的数量降低且具备更高的匹配度，确保了零件的统一性与产品品质。另外，自动检测及补偿的设备能快速发现质量方面的问题，同时选用有效的针对性手段，确保了产品品质。

6.6 加工成本低

的生产规模会出现极大变化，生产成本最小。相较于传统的生产计划，其一次性投资成本较大，其他的各类指标表现俱佳。

7 柔性制造系统的发展趋势

7.1 FMS 仍将迅速发展

世纪年代后期，的技术就已经日渐成熟并进入实用阶段。因其相较于常规加工技术而言，在解决多类别与中小规模生产方面更具有突出收益，所以在全球竞争的持续增长下，柔性制造技术已经备受发达国家及发展中国家的日渐关注。最早仅用在非回转体式零件的箱体式零件的加工制造商，一般是用以实现钻、镗、铣和攻丝等工艺流程。之后在技术的不断发展下，其既可以实现加工制造其他非回转体式零件，也能实现对回转体零件的车削、磨削、齿轮和拉削等加工流程。在机械制造业方面，目前既可以实现机械加工，还可以实现钣金加工、装配、铸造、锻造、激光、焊接及电火花等特殊工艺和喷漆、注塑、热处理预计橡胶模制等。在整个制造业所生产的产品方面，目前已经不止能用在汽车、飞机、坦克和舰船上，也能用在服装、食品、化工、医药品、计算机、半导体与木制品等的加工制造中。在生产规模方面，已逐渐由小规模应用朝着单件与大规模生产发展。由相关研究发现，只要能应用数控与计算机控制的加工流程都能完成。目前，CIMS已经越来越成为制造业的热门板块，不少研究者相继预测必定会成为制造业发展的一种趋向。柔性制造系统在中至关重要，必定将在的不断努力下而获得不断的发展。

7.2 FMS 系统配置朝 FMC 的方向发展

柔性制造单元与都可以实现多类别、小规模柔性制造的需求，不过FMC有其自身的优势。

(1) 体量小, 资金投入不大, 技术的复杂化与系统化程度不高, 安排、设计、验证与运作较简易, 风险不大, 并便于延伸, 是一个朝高端大规模发展的关键途径。所以, 选取从至的安排, 不仅能降低一次性投资成本, 让企业容易接受, 还能降低风险, 便于成功, 只要成功则能得到收益, 确保后期的拓展资金, 并还可以培育人才与集聚经验, 以助于对复杂技术的掌握, 确保的稳定施行。

(2) FMC 目前已经不仅仅代表着简易或初级的, 其既能具备的加工、生产、运送、储运、管理及调节作用, 还具备了监控、通信、模拟、生产调度控制和人工智能等作用, 在特定的某个加工过程中能得到更高的柔性, 增强生产率与产量, 优化产品的品质。

7.3 FMS 系统性能不断提高

随着加工、运储、刀具管理、控制和网络通信等组成的多项技术的飞速发展, 必定使系统的性能得到很大程度的增强。加工过程中选取喷水切削与激光的加工技术, 同时把如立式、卧式镗铣加工中心, 高效万能车削中心等诸多加工质量较强的加工设备用在系统中, 将大幅增强的加工水平、柔性及其系统性能。在小车和自动化存储、提取系统的不断发展与运用的背景下, 也拥有了可靠性、更高的物流运储模式, 且还可以缩短生产周期, 提高生产率。刀具管理技术的飞速发展, 确保了机床能及时精准地得到刀具。另外, 还能增强系统的柔性、生产率和设备的利用率, 减少刀具成本, 规避人为因素的失误, 增强产品的品质, 拉长自动化操作的时间。

7.4 基于 CIMS 规划设计 FMS

FMS 虽然集加工、运储、控制及检测等硬件于一身, 构建出一个整体性的系统。不过对企业而言, 其仅为组成内容之一, 对于新产品的设计进程缓慢或无法设计, 加工能力的强弱根本没有关系。总而言之, 若要想切实发挥出功能, 让企业获取最大收益, 增强其的市场竞争力, 就必须基于企业的全面现代化和的层面来分析, 关注的不同问题, 并基于的整体考量来规划设计。

8 结语

柔性制造系统作为当今世界制造自动化技术发展的前沿科技, 为未来机构制造企业展示出美好的未来前景, 必定会成为世纪机构制造行业的一项重要生产方式, 企业必须对其进行科学应用来持续增强自身制造力。

参考文献:

- [1] 李新杰, 张婧. 在工程训练中融入柔性制造系统的创新思考[J]. 创新创业理论与实践, 2021, 4(19): 61-62+81.
- [2] 黄克. 浅谈工业机器人柔性系统的故障诊断[J]. 电子世界, 2021(08): 198-199.
- [3] 张修路, 杨志键, 陈峰云, 等. 石材板材智能化加工柔性制造系统研究[J]. 石材, 2020(12): 20-23.
- [4] 刘利明. 柔性制造系统智能调度关键技术研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2020.
- [5] 蒋勇, 冯灵慧. 自制柔性制造系统在实验教学中的应用[J]. 实验室科学, 2020, 23(02): 125-128.
- [6] 董一凡. 基于 Petri 网的柔性制造系统可达性分析[D]. 成都: 电子科技大学, 2020.
- [7] 刘晓婉. 柔性制造技术的现状研究及发展趋势[J]. 科技创新与应用, 2016(25): 139.
- [8] 晓青. 柔性制造技术决定汽车工业的未来[J]. 世界制造技术与装备市场, 2009(03): 76-82.
- [9] 李新杰, 张婧. 在工程训练中融入柔性制造系统的创新思考[J]. 创新创业理论与实践, 2021, 4(19): 61-62+81.
- [10] 黄克. 浅谈工业机器人柔性系统的故障诊断[J]. 电子世界, 2021(08): 198-199.

作者简介: 韩娜(1990.06-), 女, 汉族, 内蒙古乌兰察布人, 本科, 工程师, 研究方向: 机械加工。