

文章编号:1672-058X(2013)02-0083-06

# 箱体零件 FML/FMC 常用物料转运设备的应用分析\*

胡 健<sup>1</sup>, 吴 洋<sup>2</sup>

(1. 机械工业第三设计研究院 综合一所, 重庆 400039;

2. 利勃海尔机械服务(上海)有限公司 产品管理部, 上海 200131)

**摘 要:** FML/FMC 通过物料转运设备, 将多台自动化加工设备有效连接, 可显著提高加工设备利用率, 实现高质量、高效率生产。通过箱体类零件加工 FML/FMC 所使用的物料转运设备的典型应用进行介绍, 分析了该类型设备应用经济上的可行性。物料转运设备的应用顺应了我国制造业企业竞争环境变化的趋势, 在我国零部件制造业拥有广阔的应用前景。

**关键词:** 箱体零件; FML/FMC; 物料转运设备

**中图分类号:** TH162

**文献标志码:** A

制造柔性线(Flexible Manufacturing Line)由自动化加工设备、工件输送系统和控制系统等组成。柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell)是由单台数控机床、加工中心、工件自动输送及更换系统等组成<sup>[1]</sup>。工件输送及更换系统, 即物料转运设备是用于工件工序间的物料转运和加工设备上下料的辅助生产设备。该设备一般由专业厂家生产(如: Kuka、Gudel、Nachi、Fanuc 等), 机械加工设备供应商根据客户生产需要选用通用转运设备, 配合专用的夹持机构, 集成于加工制造单元中。

FML/FMC 通过配备物料转运设备, 将多台自动化加工设备有效连接, 保证各自动化加工设备的连续生产, 从而实现高设备利用率、高生产效率、高物料周转率。

汽车发动机缸体缸盖、工程机械变速箱、液压阀体为代表的箱体类零件 FML/FMC(柔性生产线/柔性生产单元)采用多种形式物料转运设备, 分析上述设备的应用、布置形式、功能及经济性, 对其在我国的应用前景具有重大意义。

## 1 发动机缸体、缸盖 FML 中的物料转运设备布置形式

据中国汽车工业协会统计, 我国 2011 年累计生产汽车 1 826.47 万辆, 销售汽车 1 806.19 万辆<sup>[2]</sup>。发动机作为汽车的“心脏”, 研究其生产加工在我国汽车行业里意义重大。发动机缸体、缸盖生产线由于生产纲领较大, 产品附加值高, 加工设备及辅助设备投资较高, 在箱体零件加工制造业中具有举足轻重的地位。

目前, 主要发动机制造厂商大量采用卧式加工中心组成的 FML 组织生产。汽车发动机缸体缸盖柔性线制造商——HÜLLER HILLER 公司可提供 3 种 FML 形式, 即: 机动辊道、机动辊道与龙门机械手、机动辊道与关节机械手相结合。布置形式如图 1、图 2、图 3。

收稿日期: 2012-11-03; 修回日期: 2012-11-26.

作者简介: 胡健(1981-), 男, 重庆人, 硕士, 工程师, 从事工艺设计研究.

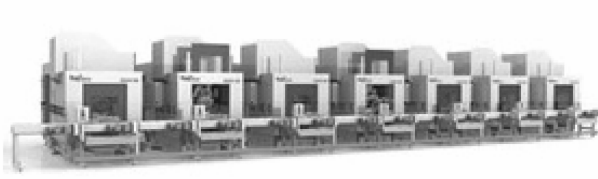


图 1 机动辊道转运方式示意图



图 2 机动辊道与龙门机械手转运方式示意图

以年产 15 万台 465 汽油机缸体为例,加工过程中使用卧式加工 28 台(分为两条并行加工线),行磨机 1 台,清洗机两台。若采用机动辊道转运,使用机动辊道约 300 m;若采用龙门式机械手,需龙门机械手约 6 台,机动辊道约 100 m;若采用关节机械手,需关节臂机械手约 5 台,机动辊道约 100 m。按生产制度 3 班,251 天计算,工件生产节拍约 1.2 min。

若采用人工完成工件工序间的转运和上下料,需要生产工人 28 人,工人劳动力成本按照 5 万元/年计算,该生产线年需劳动力成本为 140 万元。上述 3 种工件转运方式及费用对比如下表 1 所示。

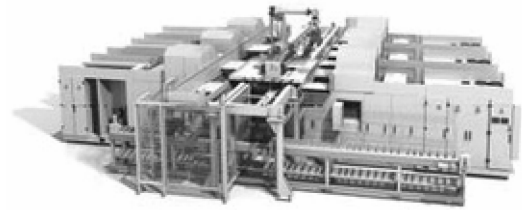


图 3 机动辊道与关节机械手转运方式示意图

表 1 发动机转运方式及费用对比表

转运方式	机动辊道	机动辊道与龙门机械手	机动辊道与关节机械手
工序间转运设备	机动辊道	机动辊道	机动辊道
辊道长度/m	300	100	100
设备投资/万元	600	200	200
工件上下料设备		龙门机械手	关节机械手
设备数量/台		6	5
设备投资/万元		600	750
转运设备总投资/万元	600	800	950
工艺排布	按工艺流程布置	按加工节拍排布设备	按加工节拍排布设备
特点	每条生产线一道工序仅由单台设备完成	每道工序可由多台加工设备并行完成,且加工设备数量可不同。	
设备平均利用率比较	较低	较高	
投资回收期(年)	4.3	5.7	6.8

由表 1 可知,若采用机动辊道形式需要 4.3 年收回投资;采用机动辊道与龙门机械手转运方式需要 5.7 年收回投资;采用机动辊道与龙门机械手转运方式需要 6.8 年收回投资。

发动机制造商所使用的发动机 FML,除工件进入生产线之外,完全实现加工过程的“无人化”操作。同时保证产品制造的一致性,将产品制造过程的制件比例降低至 30% 左右。

## 2 工程机械变速箱 FMC 中的物料转运设备布置形式

2010年以来,装载机行业主要企业销量陡增,全年销售量达到21.6万多台。装载机变速箱是各装载机主机厂的零部件分厂的重要箱体产品。相对于其他零部件,其加工工时长,内容复杂,孔位精度要求高,其生产质量直接决定了装载机的传动系统能否正常运行。

工程机械变速箱(以50型装载机为例)为铸件HT250,工件尺寸约为1 100 mm×510 mm×320 mm单位,重量约150 kg。单个工件加工时间约90 min,装夹一个工件需要30 min。若采用工作台尺寸800 mm×800 mm卧式加工中心(该设备引进价格在650万元以上),单台加工设备可年产约2 300~2 500台变速箱体(设备无交换工作台,单件生产工时120 min)。若使用配交换工作台的加工设备,交换工作台时间约为3~5 min,每加工一个工件可节约机床占用时间约25 min;工件的装夹时间与加工时间相重合,从而提高设备主机利用率。按年产1 0000台计,3台双配交换工作台的加工设备即可满足产能要求。交换工作台系统投资按120万元计算,可减少工艺投资240万元。该卧式加工中心的工作台布置形式可参照StarragHeckert Technology GmbH生产的HEC 1000卧式加工中心制造单元,如图4。

## 3 液压阀块 FMC 中的物料转运设备布置形式

液压元件是工程机械产品关键部件之一,长期以来,在高压大流量液压装置方面,国内零部件企业的产品还难以满足主机企业的配套要求,这使得进口成为唯一的选择,特别是在挖掘机产品上。由于液压元件价格昂贵,以至于形成“吃掉工程机械行业70%利润”的现实以及长期受制于人的被动局面<sup>[3]</sup>。因此,液压阀体作为液压控制系统的核心,其制造过程必然为各主机厂所重视。

由于液压阀块加工大部分为6面加工,其加工设备可选择卧式加工中心或者配第四轴的立式加工中心,两次或三次装夹完成所有加工内容。因此其FMC可采用两种结构形式,一种是以自动化托盘堆栈为工件转运手段形式,另一种以关节机械手为工件转运手段形式。

### 3.1 自动化托盘堆栈

自动化托盘堆栈就是将标准托盘库通过自动化堆垛机及自动化控制系统,将若干台加工中心并联起来的一种适用于大批量少品种产品生产的组织方式,工人仅负责工件在夹具上的装卸和翻转,堆垛机则接受来自自动化控制系统分配的加工指令,完成工件的进出加工设备和托盘库。自动化托盘堆栈可连接1台单机也可多机并联,但一套堆栈并联的加工中心的不超过11台。堆栈托盘库使用存放有大量标准托盘及夹具,因此,其一次性投入较高。而且,该柔性线的每台加工中心(除特殊设置以外)均配备加工所有产品的一整套刀具,其刀具一次费用也相当高。目前,FASTEMS和SCHULER是自动化托盘堆栈的两大主要生产商,其产品适用于目前世界上主要的卧式加工中心生产商。

如图5所示为MORI SEIKI CO.,LTD的NH5000DCG-20LPP柔性制造系统,使用FASTEMS自动化托盘堆栈系统平面,该堆栈系统配30个标准托盘,3台NH5000卧式加工中心,左侧为上下料工位。操作工完成工件在托盘夹具上的上下料、工件的翻转。

该系统可应用于工件装夹、加工时间较短,但是劳动力成本较高的国家和地区。如按德国2008年劳动力平均成本28.09欧元/小时,企业单个劳动力成本50 281万欧元/年计算,如需设备连续运转,6台卧式加工中心,需配6个以上工人;若采用该托盘堆栈系统,仅需两人即完成所有装夹生产任务,且该堆栈中可并联

1 台喷淋清洗机,将加工后的喷淋清洗合并至该加工单元,可减少 1 个劳动力及中转物流成本。1 个由 6 台卧式加工中心组成的 FMC 所使用的自动化托盘堆栈投资在 160 万欧元左右(含堆栈系统、100 个 500 mm × 500 mm 标准托盘及夹具等造价)。在发达国家,企业需 4 年即可收回设备投入。

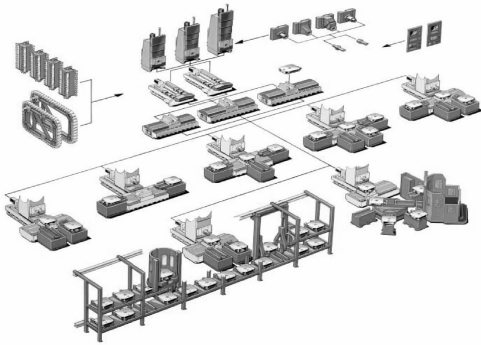


图 4 Starrag Heckert 加工中心 FMC 布置图

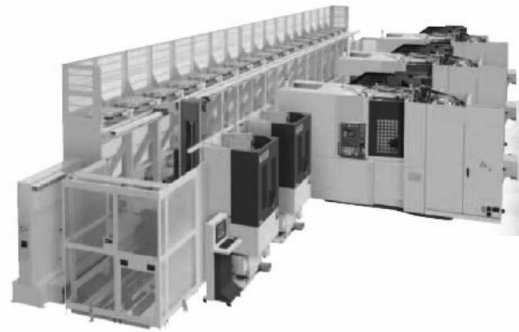


图 5 NH6300DCG-20LPP 布置图

### 3.2 关节机械手

关节机械手组成的加工单元同样适用于阀体加工。工件的翻转及上下工作台由机械手完成,员工仅需要将工件装入标准盛具中,将盛具送至柔性加工单元装卸位置即可。其基本布置形式如图 6。Chiron-Werke GmbH 公司 FLEXCELL DUO 柔性加工单元和如图 7。Makino Milling Machine CO.,Ltd 生产的 J3i 卧式加工中心。



图 6 FLEXCELL DUO 布置图

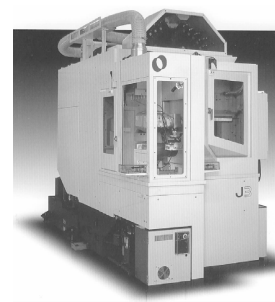


图 7 J3i 卧式加工中心 FMC

FLEXCELL DUO 系统使用两台该公司立式加工中心(配第四轴),专用机械手配 FANUC M6iB 系列机械手,该单元可加工重量 6~20kg 的工件。两台立式加工中心增加关节机械手投资费用约 120 万人民币左右(含系统集成)。1 个工人可管理两个甚至更多加工单元。按 1 个工人两个单元进行设备,工作制度 3 班,251 天/年计算。可节省 9 个操作员工,年节省劳动力投资约 45 万元,3 年即可收回投资。

Makino Milling Machine CO.,Ltd 生产的 J3i 卧式加工中心 FMC,提出了“ALL-IN-ONE”思想,即:除完成零部件加工外,还能完成工件的去毛刺、清洗等工序。该设备利用机械手在工件装夹间隙,抓取工件完成去毛刺、清洗等辅助生产工序。该 FMC 不仅能减少主要加工设备的操作工人数量,而且能完成多种辅助工序,节省了生产空间及物流中转成本。

## 4 应用背景及对我国零部件制造业的影响

### 4.1 配备辅助物料转运设备的应用背景

配备辅助物料转运设备,成为我国零部件制造行业持续发展的一条必由之路,其原因如下:

(1) 国家统计局调查数据显示,2005-2009 年,城镇职工(不包括私营企业)平均货币工资年均增长

15.2%,2009年达到32736元。2004-2008年,我国制造业工资年平均增长率为14.13%。

(2) 2009年末,我国60岁以上老年人口占比已达到12.5%,在对劳动密集型产业有较强依赖的情况下,人口老龄化趋势对我国劳动力市场供求关系的影响将逐渐突出。

(3) 作为转运设备主体的工业机器人性能不断提高(高速度、高精度、高可靠性、便于操作和维修),而单机价格却不断下降(平均单机价格从91年的10.3万美元降至97年的6.5万美元)。与此同时,人民币汇率不断上升,上述设备采购价格将不断下降(工业机械人设备一般按照美元或欧元计价)。

随着物料转运设备价格的下降及劳动力成本不断上升,设备投资回收周期不断缩短。特别是在大批量产品生产过程中,配备辅助物料转运设备相较于人工劳动力优势明显,并呈现出逐步取代的趋势,必将成为零部件制造行业内主要生产力。

#### 4.2 对我国零部件制造业的影响

辅助物料转运设备的广泛使用将对我国零部件制造业产生深远影响:

(1) 改变目前行业人员结构,逐步提高产品研发、工艺等部门技术型员工比例,压缩企业一般生产员工比例。企业可将更多的资金用于产品开发上,在市场的竞争中占得先机。

(2) 向企业管理水平提出了更高的要求。由于辅助物料转运设备各个动作准确,节拍控制严格,产品毛坯质量要求较高,需要一套完整的生产计划、物流、质量管理体系来保证设备高效运转,较少浪费。

(3) 改变企业生产组织形式。将企业由大规模专业生产线组织生产,转变为以FMC单元组织生产;由专业生产线的将所有加工工序分散不同设备,转变为加工工艺集中到少数几台柔性加工设备上,生产工艺流程更集中,中间物流更短,制造中间成本更低。

(4) 提高国际竞争力。辅助物料转运设备的使用将加速我国大批量零件制造行业摆脱目前依靠劳动力成本优势参与国际竞争的局面。在劳动力成本优势不再明显的情况下,通过压缩产品生产中间成本(半成品、成品的资金占用),缩短资金循环周期,提高企业的竞争力。

## 5 结 论

通过对汽车发动机缸体缸盖、工程机械变速箱、液压阀体为代表的箱体零部件FML/FMC(柔性生产线/柔性生产单元)的介绍,展示了箱体零部件机械加工设备常用辅助物料转运设备及布置形式,结合我国制造业的实际情况,分析了上述生产设备在我国应用的可行性。

物料转运设备的广泛使用,可降低生产中间成本,缩短企业资金循环周期,提高产品的市场竞争力;同时对我国企业经营管理模式提出了更高的要求;顺应了我国制造业企业竞争环境变化的趋势,在我国零部件制造业拥有广阔的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 张根保. 自动化制造系统[M]. 2版. 重庆大学:机械工业出版社,2010
- [2] 中华人民共和国工业和信息化部装备工业司. 2010年汽车工业经济运行报告[R/EB]. 2011e-02-28[2012-09-20] <http://stock.sohu.com/20110228/n279563371.shtm/>
- [3] 张效祖. 工业机器人发展现状与趋势[J]. 世界制造技术与装备市场,2004(5):33-36

## Analysis of Application of Material Handling Equipment Used in Box-type Parts FML / FMC

**HU Jian<sup>1</sup> , WU Yang<sup>2</sup>**

(1. No. 1 Comprehensive Research Institute, The Third Design and Research Institute of  
Mechanical Industry, Chongqing 400039, China;

2. Liebherr Machinery Service (Shanghai) Co., Ltd, Product Management Department, Shanghai 200131, China)

**Abstract:** FML/FMC, through material handling equipment, effectively connects, multiple automatic processing equipments and can significantly improve the utilization of processing equipment to achieve high-quality, high-efficiency production. By using box-type parts processing FML/FMC material handling equipment, typical applications are introduced, the feasibility of this type of equipment on the application to the economy is analyzed. Application of material handling equipment conforms to the trend of changes in the competitive environment of Chinese manufacturing enterprises and has broad application prospects in Chinese spare parts manufacturing industry.

**Key words:** box-type parts; FML/FMC; material handling equipment

责任编辑:罗泽举

校 对:李翠薇