

引用格式:张雅馨.军用航电总装车间工艺布局改造优化[J].电光与控制,2017,24(8):101-103,108. ZHANG Y X. Layout optimization of military avionics final assembly workshop[J]. Electronics Optics & Control, 2017, 24(8):101-103,108.

军用航电总装车间工艺布局改造优化

张雅馨

(上海航空电器有限公司,上海 201101)

摘要: 目前军用航空电子企业普遍存在多品种小批量混线生产,定型批产、科研试制和外场返修交叉并行,物料种类多,物流配套方式落后,生产效率低下的困局。为解决这些问题,某企业总体装配车间运用精益思想,从车间整体布局和产线内部布局两个层次,规划设计了功能型和单元型混合的工艺布局,同时引入智能物流系统,实现了缩短生产周期,简化车间物流,最终提升生产效率的目的。探索实践过程中总结出的原则和方法有较强的可复制性,对同类型企业和车间的改造有借鉴意义。

关键词: 工艺布局改造;精益生产;单元线;功能型布局;自动导引车

中图分类号: TH181 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2017.08.021

Layout Optimization of Military Avionics Final Assembly Workshop

ZHANG Ya-xin

(Shanghai Aviation Electric Co. Ltd., Shanghai 201101, China)

Abstract: At present, in military avionics manufacture facility, it's common that purchase orders come in small patch but diversified models, the batch production share manufacture resources with trial-manufacture and repair. However, the logistics lag in huge way. To deal with these problems, the company in this case applied lean theory in the final assembly workshop by redesigning the process layout not only in the whole building but also within every assembly line. The methodology summarized here is replicable, therefore can be taken as a reference for similar projects.

Key words: technological layout reform; lean production; cell; functional layout; automatic guided vehicle

0 引言

航电设备产品总体装配车间是整个工厂的核心部门,其车间工艺布局是生产组织方式的最直观体现,直接影响了产品装配调试效率。国内军用航空电子企业多数沿袭前苏联企业生产管理方式,建立了相应的生产组织和制度规范。近年来,在市场化进程中引入了一系列世界先进企业的管理理念和模式,面向市场与用户,敏捷制造、柔性生产。但在运用中,与传统生产模式的矛盾成为关注焦点之一,要解决此矛盾,调整工艺布局首当其冲。本文以军用航空电子行业特点。结合某企业的总装车间作为案例,寻找解决上述矛盾的途径与方案。该企业近十年来业务规模保持年均30%的增长率,其间因空间不足对总装车间的工艺布局进

行过多次局部调整,但因缺少经验和整体最优的思路,产线内布局采用传统的直线型配置,各功能区的布局明显不合理,物流存在多处回流和浪费,无法满足生产需要。因此,通过引入精益生产思想对车间各楼层、各产线之间的物流以及各产线内部物流进行了重新规划,建成了功能型和单元型混合的工艺布局,明显优化了物流的成本和配送精确性,缩短了生产周期。

1 车间整体工艺布局

1.1 优化前车间整体工艺布局

某企业的总体装配车间共4层,每层约20个房间,印制板焊接、装配、铆接、打标、测试、检验、包装等不同功能均有独立房间。为与这种工艺布局相配套,一直以来,总装车间采取班组制单人包干生产模式进行作业,印制板部装作业与产品总装所有工序均由一人完成。在军用航空电子产品多品种小批量的特点之下,这种单人包干式的生产模式对工人技能要求相

收稿日期:2017-06-15

修回日期:2017-07-11

作者简介:张雅馨(1985—),女,山东菏泽人,硕士,研究方向为精益生产。

对较高,产品生产周期长,质量一致性也较难保证。在此

选取其中第3层作为代表,车间原有工艺布局见图1a所示。由图可知,在总装车间生产过程中,多个装配班组与测试、排故、焊接、检验、包装、测光等公用资源之间均存在交叉重复性的运输周转,产生较大的周转浪费,多隔墙多房间的布局也造成了空间浪费。

1.2 优化原则

1) 建立大开间厂房^[1]。除打标和钳工因职业安全卫生要求需要物理隔离以外,打通所有房间,建成大开间厂房。

2) 布局U型单元生产线。梳理

工序,按照工序的相似性划分产品簇,按照产品族类划分不同产线;运用产品路径分析法定位关键工序和最长路径;根据客户需求计算节拍时间,据此应用生产线平衡法优化典型零件的工艺流程;根据优化的工艺路线设计产线内部工作站;每条装配线增加测试和检验工位,配置专用设备,装配完成后,产品在产线上完成自检、厂检和军检三级检验,人动但产品及设备不动,避免周转浪费,减少产品周转中的损伤^[2]。

3) 保留公用资源的功能型布局。考虑到部分共用设备资源受限,排故、包装、打标、测光等公用资源不能完全分配到产线上,仍然要保留原功能型布局,按照靠近使用频率较高产线的原则进行分布^[3]。

4) 新品和返修单独建线。科研试制、外场返修与批生产差异较大,更适合单独建立生产线,并按照传统功能型布局。

1.3 优化后车间工艺布局

依照以上4个原则对车间工艺布局优化后,形成功能型和单元型混合的新布局,如图1b所示。



图1 总装车间优化前后工艺布局

Fig.1 The original and optimized layout of a final assembly workshop

2 产线内部工艺布局

1) 包干式生产模式下的工艺布局。

在原来单人包干式的生产模式下,一个工人负责产品的基本所有工序,人围绕产品转,生产前准备、转外道工序的周转等工作完全依靠该工人完成。这种情况下,产线内的工艺布局相对随意,工位相近的工人划分为一个班组,班组内产品差异性有时非常大。

2) U型单元线工艺布局^[4]。

梳理工序,按照工序的相似性划分产品簇,按照产品族类划分不同产线,见图2,将相关产品划分若干产品族,针对每个产品族建成U型单元线;单元线内部工序流转按照逆时针排布,符合“左手物料、右手工具”的人体习惯;设置1名“水蜘蛛”,即机动作业人员,解决产线各工作站之间动态平衡的问题。

3) 单元型生产模式下生产周期缩短50%。

以某产品的装配为例,订单批量4件,包干的生产模式下,工人肯定是按照工序批量加工,因此全部完成订单需要94 min,单元型生产模式下采用单件流,全部完成订单缩短到44.5 min,而且产线在应对客户临时

追加的需求时也更具优势。

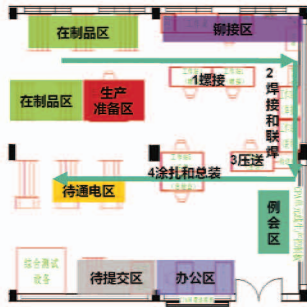


图 2 D 系列产品 U 型单元线

Fig. 2 The U cell line of D series products

3 建设智能物流系统

优化车间物流的第 3 步是引入智能物流系统,包括建设物流传送机和配备自动引导车 (Automatic Guided Vehicle, AGV), 在楼层之间和楼层内部进行物料配送,引入安灯系统 (Andon) 在产线内实现随时报警,在工具、模具仓库内实现条码管理,使工模具的全生命周期信息显性化,在生产指挥大厅引入电子看板实现拉动式物流。该企业总装车间在本轮工艺布局改造中完成了大部分硬件设施的建设,为下一步全面推行制造执行系统 (MES) 打下了基础。

3.1 工业升降机

总体装配大楼里物流流向基本为从库房 (元器件库房、零件库房,工装辅料库房、PCB 部件库房) 到生产线 (2,3,4 楼均有生产线),再到检验室 (3,4 楼均有检验区),最终到包装区 (3,4 楼均有包装区),各条产线的来料方向虽有所差别,但基本都涉及到跨楼层运输。为提高各楼层之间的物流效率,实现从库房到工位的准确配料,该企业在改造中新建了工业升降机 (即传货小电梯),内部安装有传送带,每层电梯口外部设置斜坡,小电梯连同 4 个楼层,AGV 借助小电梯穿梭于各库房和产线工位之间,建成后的物流路线 (红色线条) 如图 3 所示。

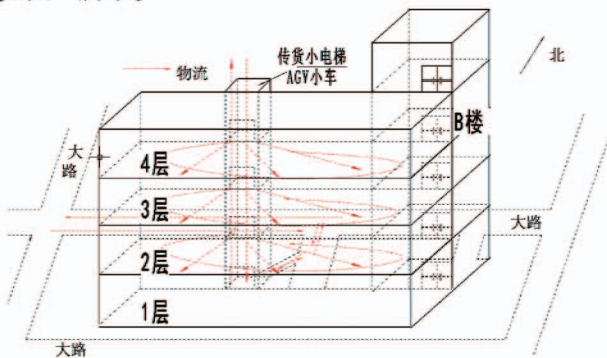


图 3 AGV 物流路线

Fig. 3 AGV logistics route

3.2 运输节奏及 AGV 数量论证^[5]

对周转物料进行评估后,决定 AGV 的载具统一采用料盒,料盒装满货物后,总高度不超过 100 cm,重量不超过 35 kg。装有货物的料盒通过 AGV 来运输,AGV 每次只运输一个料盒。根据跨楼层和楼层内物流流量统计和估计数据,对料盒和 AGV 数量进行了测算,确定各楼层需求量及全物流系统需求量。

根据物流指标要求,任何一个工位发起物流任务后,要求 AGV 能在 0.5 h 内到达;同时 AGV 完成上料后,也应在 0.5 h 内到达下货点。通过对各层次物流最长路线的分析计算和实际运行统计,均能很好地满足该要求。经统计,一次物流执行最长时间为 12.1 min。

根据物流统计运行时间,确定了 AGV 的需求量,2 楼需要安排 2 辆同时运行,3 楼、4 楼各设置 1 辆 AGV 能满足单楼层的全天物流需求,另外安排 1 辆 AGV 用来进行楼层之间的运输,合计共安排 4 辆 AGV 即可满足运输要求。

3.3 安灯系统 (Andon)

生产现场遇到技术和质量问题需要技术人员处理时,以前的反馈方式是工人填写问题单,电话通知现场工程师来产线处理,经常出现现场工程师遗忘或者忽视,无法及时到达产线的情况,影响了生产进度,也恶化了工人与工程师的关系。因此车间本次改造中引入了安灯系统。

安灯系统是生产线操作过程异常控制系统,它能够快速收集生产线上有关设备和质量管理等与生产有关的异常信息。工人一键发送信息,对应的现场工程师的用户端将马上显示故障位置及故障类型,超过 20 min 未处理,该故障信息将自动升级到现场工程师主管的用户端,仍然未在规定时间内处理将进一步升级到上一级领导的用户端。

4 结论

以精益思想为指导,结合军用航空电子行业特点,在车间工艺布局中明确了混合使用功能型和单元型生产组织模式的原则,车间各楼层按照物流最优规划了产线、测试、打标、检验、包装、技术支持等功能区,产品族相似的产线相邻或者相近布局;各产线内部设计 U 型布局,实现按节拍连续流生产,产品和操作工不离开生产线,必要时可按标准作业实行一人多工位操作,使得产线具有品种柔性,即实现足够多型号产品的混线生产;借助智能物流系统及 AGV 的应用,对物料运输和过程进行控制、跟踪和有效管理,严格生产资源包括人、物料、设备等的优化配置。

(下转第 108 页)

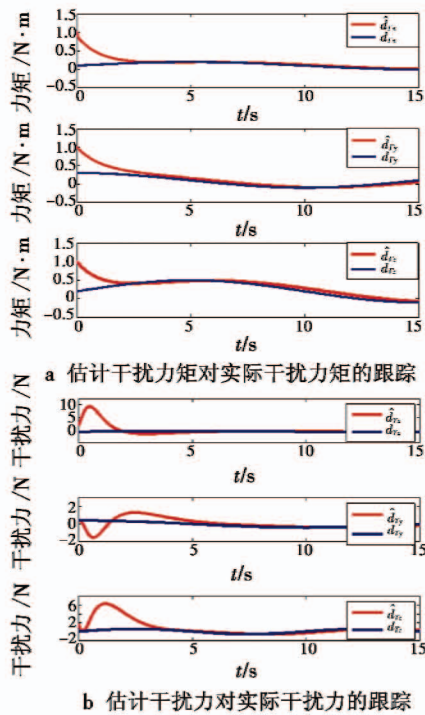


图5 估计干扰对实际干扰跟踪的仿真图

Fig.5 Tracking of estimated disturbance to desired disturbance

5 结束语

针对同时存在执行器故障和外界干扰的四旋翼无人机系统,本文提出了自适应容错控制的方法。首先,采用单位四元数描述系统姿态,以避免产生奇异;其次,考虑到无人机位置子系统的欠驱动特性,引入虚拟控制力,解算出实际输入推力和目标姿态;再次,通过自适应容错控制的方法,来补偿由执行器故障和外界干扰带来的影响,以保证无人机仍能稳定地跟踪目标姿态信号;最

后,通过仿真实验证明了该控制方法的有效性。

参考文献

- [1] LEE D B, NATARAJ C, BURG T C, et al. Adaptive tracking control of an underactuated aerial vehicle [C]// American Control Conference (ACC), 2011:2326-2331.
- [2] QU Q, GAO S, HUANG D, et al. Fault tolerant control for UAV with finite-time convergence [C]// Chinese Control and Decision Conference, 2014:2857-2862.
- [3] 路飞飞. 四旋翼直升机姿态控制系统的自适应容错控制算法研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2014.
- [4] 杨成顺,杨忠,黄宵宁,等. 四旋翼飞行器的分散式容错控制[J]. 应用科学学报,2013, 31(3):321-330.
- [5] 官勋,王丽. 四旋翼飞行器的容错姿态稳定控制[J]. 电光与控制,2014, 21(7):14-18.
- [6] 贺有智,刘同其. 四旋翼飞行器时延积分反演容错控制[J]. 系统工程与电子技术,2015, 37(10):2341-2346.
- [7] 张宇. 四旋翼无人机的容错控制方法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.
- [8] QIAN M S, JIANG B, XU D Z. Fault tolerant tracking control scheme for UAV using dynamic surface control technique[J]. Circuits, Systems, and Signal Processing, 2012, 31(5):1713-1729.
- [9] RAFFO G V, ORTEGA M G, RUBIO F R. An integral predictive/nonlinear H_∞ control structure for a quadrotor helicopter[J]. Automatica, 2010, 46(1):29-39.
- [10] ROBERTS A. Attitude estimation and control of a ducted fan VTOL UAV [D]. Thunder Bay: Lakehead University, 2007.
- [11] 刘金琨. 滑模变结构控制 MATLAB 仿真—基本理论与设计方法[M]. 3版. 北京:清华大学出版社,2015.
- [12] 刘晖,瞿伟廉,袁润章. 基于模态应变能耗散率理论的结构损伤识别方法[J]. 振动与冲击,2004, 23(2):118-121.
- [13] 顾培英. 基于应变模态技术的结构损伤诊断直接指标法研究[D]. 南京:河海大学,2006.
- [14] 袁明,贺国京. 基于模态应变能的结构损伤检测方法研究[J]. 铁道学报,2002, 24(2):92-94.
- [15] 刘晖,瞿伟廉,袁润章. 基于模态应变能耗散率理论的结构损伤识别方法[J]. 振动与冲击,2004, 23(2):118-121.
- [16] 顾培英. 基于应变模态技术的结构损伤诊断直接指标法研究[D]. 南京:河海大学,2006.
- [17] 袁明,贺国京. 基于模态应变能的结构损伤检测方法研究[J]. 铁道学报,2002, 24(2):92-94.
- [18] LAM H F, KO J M, WONG C W. Localization of damaged structural connections based on experimental modal and sensitivity analysis[J]. Journal of Sound and Vibration, 1998, 210(1):91-115.
- [19] 陈春鹏,王若鑫,丁国富,等. 飞机结构件加工车间多层次式布局与优化研究[J]. 制造业自动化,2017, 39(2):138-139.
- [20] 吴定会,许世鹏,刘稳. 模具车间 MES 系统的研究与应用[J]. 制造业自动化,2017, 39(5):8-9.
- [21] 戴宝纯,张宇孝. “按订单”生产模式下生产计划的编制[J]. 制造业自动化,2000, 22(9):7-11.
- [22] 马存义. 关于军工产品批生产质量的控制方法[J]. 内蒙古科技与经济,2011, 19:40.
- [23] 高举红,陈思宇,刘晓宇. 基于精益设计的生产能力分析现场物流改善[J]. 工业工程,2010, 13(1):90-96.

(上接第95页)

parameters used in damage detection [J]. Journal of Structure Engineering, 1999, 125(4):410-416.

- [18] LAM H F, KO J M, WONG C W. Localization of damaged structural connections based on experimental modal and sensitivity analysis[J]. Journal of Sound and Vibration, 1998, 210(1):91-115.

(上接第103页)

参考文献

- [1] 陈春鹏,王若鑫,丁国富,等. 飞机结构件加工车间多层次式布局与优化研究[J]. 制造业自动化,2017, 39(2):138-139.
- [2] 吴定会,许世鹏,刘稳. 模具车间 MES 系统的研究与应用[J]. 制造业自动化,2017, 39(5):8-9.
- [3] 戴宝纯,张宇孝. “按订单”生产模式下生产计划的编制[J]. 制造业自动化,2000, 22(9):7-11.
- [4] 马存义. 关于军工产品批生产质量的控制方法[J]. 内蒙古科技与经济,2011, 19:40.
- [5] 高举红,陈思宇,刘晓宇. 基于精益设计的生产能力分析现场物流改善[J]. 工业工程,2010, 13(1):90-96.