

# 基于工位端的导管生产物流管控\*

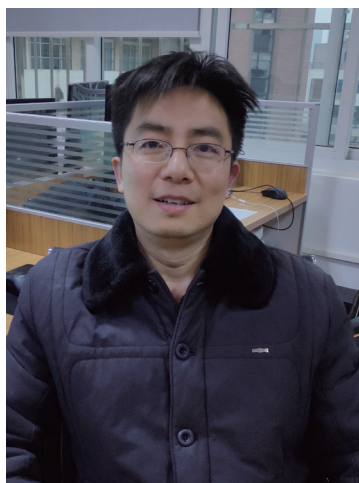
付建林,张剑,丁国富,邹益胜,江海凡

(西南交通大学机械工程学院,成都 610031)

**[摘要]** 航空导管生产具有多品种小批量、人工作业为主、流转快、产量高、在制品量大的特点,生产物流管控较为困难。提出一种基于工位端的生产物流管控方法:由底层工位端向上层车间生产管控层构建,将车间各类资源按照工序功能划分组织成工位,工位即为物流管控点,配置有工位端软件、工位端终端机、物料识别设备。通过 AGV 小车在各个工位间运输导管,建立车间网络将各个工位与车间生产管控层连接在一起。上层车间生产物流指令能够快速准确传递至各个工位执行,同时工位端能够采集导管实时信息并上传,建立了有效的导管车间生产物流管控系统。结合导管生产线实例,开发了导管生产物流管控系统,验证了本系统的有效性。

**关键词:** 航空导管;工位端;二维码;物流管控

**DOI:**10.16080/j.issn1671-833x.2019.07.054



付建林

讲师,主要研究方向为生产系统建模仿真、物流优化。

航空导管是飞机配套产品,是飞机研制的重要关键环节。与飞机其他零部件不同的是,导管产品本身结构异形,材料多样,工艺复杂,生产周期长。其主要工艺流程一般包括:下料、表处、弯曲、划线、切割、去

毛刺、修配、扩口端头加工、无扩口端头加工、焊接加工、试验清洗、喷漆、成品检验等环节,既有导管的加工也有导管的装配。导管生产是典型的多品种小批量的生产方式,产品品种繁多,每种产量少,但总体产量极大,流转非常快,含有大量手工工序,实际生产中,临时性导管急件插单重投现象较多,经常有导管回流的情况,返工返修多,此外存在某些工序如热表处理、修配、焊接等反复进行问题。导致装调与生产周期延长,扰乱生产计划,带来生产不均衡问题。

导管生产的这些特点导致导管车间的生产物流管控与一般生产车间管控有所不同,采用传统的 MES 系统或成熟的商业 MES 系统并不能很好地解决管控问题,目前在导管生产物流中存在一些问题:(1)物流效率低,积压严重;(2)ERP、PDM 及 MES 系统不能有效管控导管生产流程;(3)不能有效追踪定位每一根导管,经常在找管子上浪费时间;(4)

对回流、插件等动态事件处理与响应不够敏捷高效。

为此需要针对导管的工艺特点和生产情况,找到适合其自身的车间生产管控方法。有学者基于工位管理方式对车间生产物流进行管控,如蒋丽<sup>[1-2]</sup>提出了一种以工位为中心的生产物流配送方式,该配送模式适合小批量、多批次、物料周转率高的制造业总装车间的物料配送。孙朝阳<sup>[3]</sup>基于工位制节拍化生产管理理论对某制造企业内部物流管理进行优化。庄存波等<sup>[4]</sup>采用基于集成看板的装配工位动态实时可视化监控、基于车间工位布局的装配现场可视化监控技术进行面向复杂产品装配车间现场的动态实时可视化监控。

近年来,物料自动识别技术如条码、二维码及 RFID 逐渐应用于生产制造系统中,用来实现生产物流过程中的物料识别与追踪、数据采集和生产物流监控。Zhen 等<sup>[5]</sup>针对复杂产品装配过程物料供应及时性、准确性和完备性的需求,提出一种基于条形

\* 基金项目:2017 年四川省智能制造新模式工程项目。

码的物流控制技术,实现了物料的齐套准备、装配现场确认和面向装配过程的物料统计分析。Zhang等<sup>[6]</sup>在服务型制造车间MES中引入RFID技术,实现了对制造过程产品质量的跟踪和追溯。Qu等<sup>[7]</sup>研究了如何将RFID无线射频识别技术应用到装配流水线车间现场,以实现装配过程数据的实时采集,进而实现对物料和装配生产线状态的可视化实时监控。曹伟等<sup>[8]</sup>为提高离散制造车间多品种、小批量生产过程的透明度和生产决策制定的实时性,提出一种基于RFID无线射频识别技术的离散制造车间实时数据采集和可视化监控方法,实现了对离散制造车间生产过程的可视化监控。伍伟民等<sup>[9]</sup>针对复杂产品总装过程中物流高度离散、物料信息动态跟踪困难、可追溯性差等问题,提出一种基于无线射频识别和流程的复杂产品装配物料精细化管

控方法,阐述了基于日作业计划的物料配送策略、基于无线射频识别和状态协调的总装物流精细化过程控制、基于无线射频识别的物料动态信息实时采集等关键实现技术。庄存波等<sup>[10]</sup>针对复杂产品装配中物料动态跟踪困难、物料信息可追溯性差的问题,在装配过程中引入条码技术,将车间实物管理与装配执行过程相融合,提出一种基于流程和条码的复杂产品离散装配过程中的物料动态跟踪与管理技术。

通过文献可看出,对于多品种小批量复杂产品的生产管控,主要从工位管理、物料自动识别、数据采集与可视化监控等方面进行研究,但并没有有效方法能较好解决航空导管生产物流管控方面问题。为此,本文以某航空导管车间为例,建立基于工位端的车间生产物流管控系统,系统结合基于工位的生产资源布局、二维码

物料自动识别技术、AGV小车物流技术、动态可视化监控技术,构建导管生产物流管控系统。

## 基于工位端的生产物流管控关键技术

### 1 基于工位端的生产物流布局

为了实现对导管物流的有效管控,需要进行基于工位端的生产物流布局,主要思想是:将导管生产线按照工艺划分为不同工位区,在每个工位区配置工位端,通过工位端建立起各个工位区之间的连接,以及工位区和上层生产管控系统的连接,通过工位端,导管的物流管控指令和流转采集信息在上层生产管控端和工位端之间传递。基于工位端的生产物流布局如图1所示。

把导管生产线按照工艺流程划分为如下工位区:数弯区、修配打磨区、热表处理区、无扩口区、扩口区、

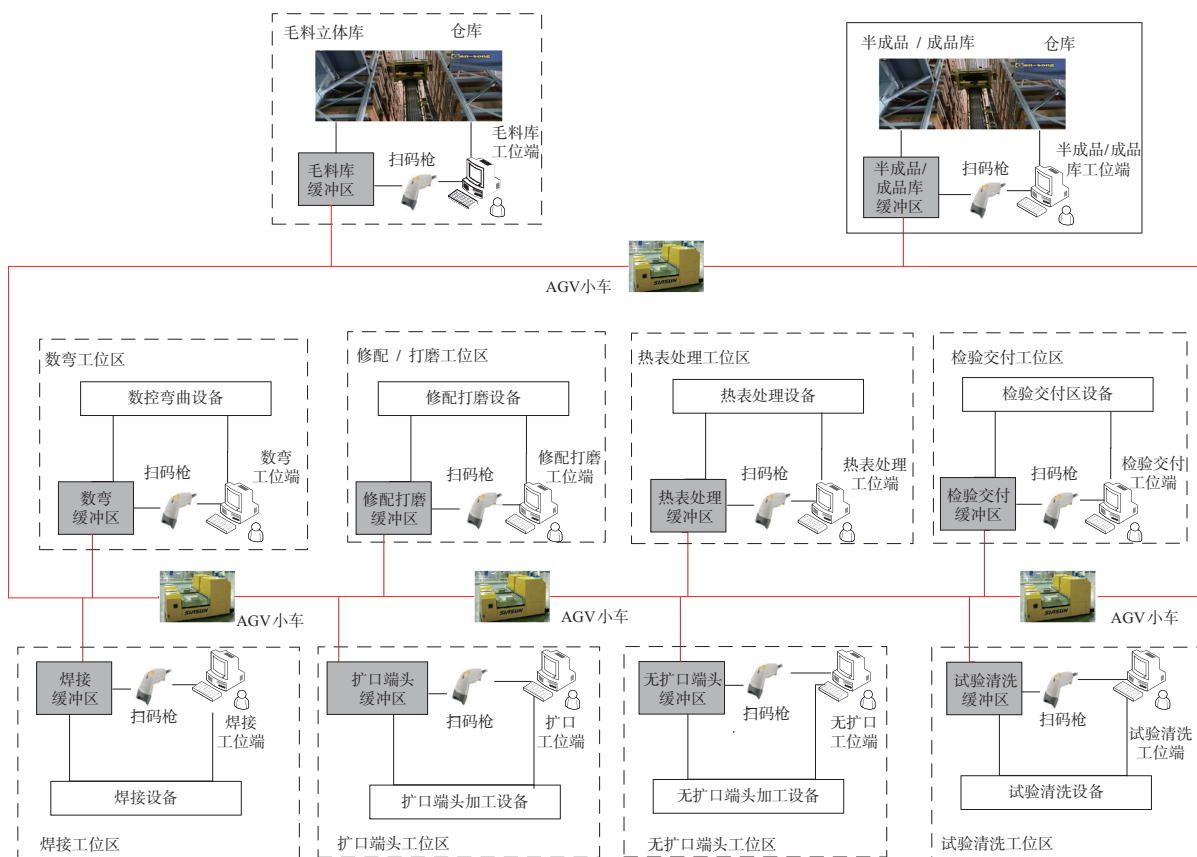


图1 基于工位端的生产物流布局

Fig.1 Production logistics layout based on station end

焊接区、试验清洗区、检验交付区、毛料区、半成品/成品区。每个工位区完成至少一个工序或更多工序。工位区包含加工/装配设备、工人、进出缓冲区,另外各工位区都配置一个工位端,工位端包括工位端软件、工位端终端如工控一体机、RFID或二维码读写识别器,各个工位端通过车间千兆工业网互相连通并连接到上层生产管控系统,整个车间配置有4台AGV小车。

在导管上绑定RFID标签或二维码,并将RFID或二维码唯一识别号与导管的图号相关联,则RFID或二维码与导管建立起了唯一对应关系,工位端通过RFID阅读器或二维码扫描设备,能够对导管进出工位区进行自动识别,对所有工位区的导管进出进行自动识别后,则导管物流流动信息随时可知,进而可实现导管物料的即时查询、追踪和管控。

各个工位区的缓冲区为导管进出缓冲,缓冲区的配置能有效缓解不同环节节拍不一致的矛盾,导管的物流运输主要采用AGV小车沿着AGV路径运输,AGV路径连接各工

位区的缓冲区,这样通过AGV在各个工位区之间实现自动化导管物流运输。

## 2 基于工位端的生产物流管控硬件

基于工位端的导管生产物流管控硬件体系分为5层:设备层、工位控制层(工位端)、车间网络层、车间生产管控层、集团工厂管理层。其组织结构如图2所示。

设备层为最底层,指车间各个工位区下的基础生产设备,包括下料设备、立体仓库、数弯机、修配设备、扩口设备、无扩口设备、焊接设备、试验清洗机、RFID/二维码读写器、AGV小车等设备。

工位控制层即工位端,是衔接底层设备与车间生产管控层的关键层,各个工位端配置有工控一体机或触屏机作为工位端的交互终端设备,工控一体机上配置工位端软件,同时接入RFID/二维码读写器,将工位端连入车间网络层,上连车间生产管控层,下接工位区设备层,可以上传各个工位区生产状况数据信息,同时将车间生产管控层发布的生产指令下传各个工位区执行。

车间网络层以工业千兆以太网把工位控制层、车间生产管控层连接在一起,同时车间网络层也往外连接到集团工厂网络上,连接集团工厂管理层相关信息化管理系统如ERP、PDM等。车间生产管控层是对整个生产进行管控的中心,配置有生产管控软件,实现对生产物流任务的分解、对AGV进行控制与调度、对生产状态进行监控等功能。集团工厂管理层配置有ERP、PDM、MES等信息化管理系统。

工位端作为各个工位区互联,以及工位区与生产管控相连的关键衔接点,起到承上启下的作用,通过工位端,能够有效连通底层设备与上层车间生产管控端,能从生产管控端获得导管的加工工艺与物流指令,上传导管的实时状态信息,向下能对工位区物料流动与加工信息进行管理,实现了导管的物流管控指令和流转采集信息在上层生产管控端和工位端之间的传递,因此生产线借助工位端进而能实现对整个生产线的管控。

## 3 基于工位端的生产物流管控软件

按照基于工位端的生产物流管

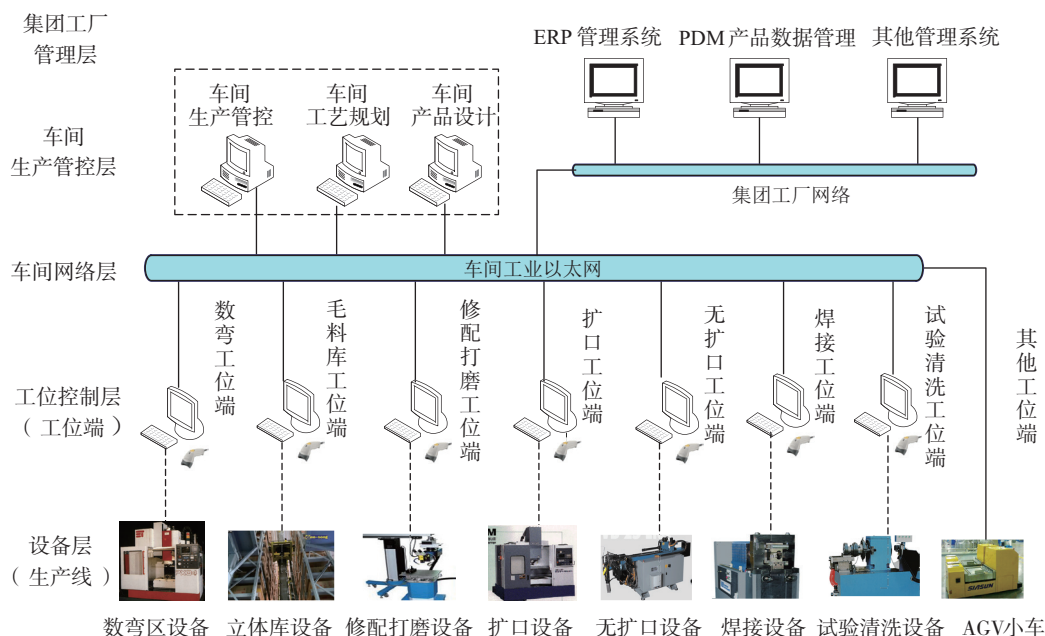


图2 基于工位端的生产物流管控硬件

Fig.2 Hardware framework of production logistics control based on station end

控思想,需要开发生产物流管控系统软件,包括上层车间生产物流管控软件、下层工位端管理软件以及后台数据库3部分。基于工位端的生产物流管控软件组成如图3所示。

### 3.1 生产物流管控软件

车间上层的生产物流管控软件,主要汇总各个工位端上传的物流数据信息,进行物流数据处理与可视化监控,同时对整个物流过程从全局角度进行控制与调度,主要是AGV小车的调度管理,实现功能包括生产物流管控与调度、物流数据采集与可视化监控。

#### (1) 生产物流管控与调度。

功能模块包括:物流任务的管理、物流控制与调度管理与各工位的任务协调管理和动态事件物流调度管理。生产物流管控与调度从全局角度,对生产线物流全过程进行控制与调度。首先根据工厂ERP下达的生产计划,结合车间资源情况,形成生产物流任务序列,结合各个工位实时物流情况,对物流任务进行管理与分配,对搬运工具AGV小车进行控制与调度,引导AGV小车准确取放导管物料,对导管在工位间的流动过程进行管理,引导导管在各个工位间按序流动,同时对报废、插单、急件等动态事件下的导管物流调度任务进行临时协商调整,以便物流系统高效率运行。

(2) 物流数据采集与可视化监控。

功能模块包括:物流状况实时监控、物流数据统计与关键指标、导管物料查询与追踪、导管的履历追踪图表。由于导管自身带有二维码,同时各个工位区都在工位端设立了物料识别接口,导管物流信息随时可知,因此可建立物流流动数据采集与可视化监控系统,对导管进出工位、在各个工位间实时流动信息、物料搬运过程进行数据采集,对物流实时采集数据进行数据解析、提取、统计分

析处理。利用电子看板以图表可视化方式对物流流动全过程进行可视化监控,包括物流的进出实时状况监控、各工位物料统计、物流全过程统计数据、关键物流指标数据等内容。

### 3.2 工位端软件

各个工位端管理软件包括:数弯工位端软件、焊接工位端软件、扩口工位端软件、无扩口工位端软件、试验清洗工位端软件、修配焊接工位

端软件等,各工位端软件功能相似,软件功能模块包括:导管进出扫码管理、工位任务管理、工位实时状态显示、接口管理等(图4)。

工位端软件主要管理各个工位区的物流数据信息,以及协助执行上层下达的物流控制调度指令:一方面采集工位物料物流数据信息,对物料状态信息进行管理,包括物料进出数据、物料在本工位的完成情况、

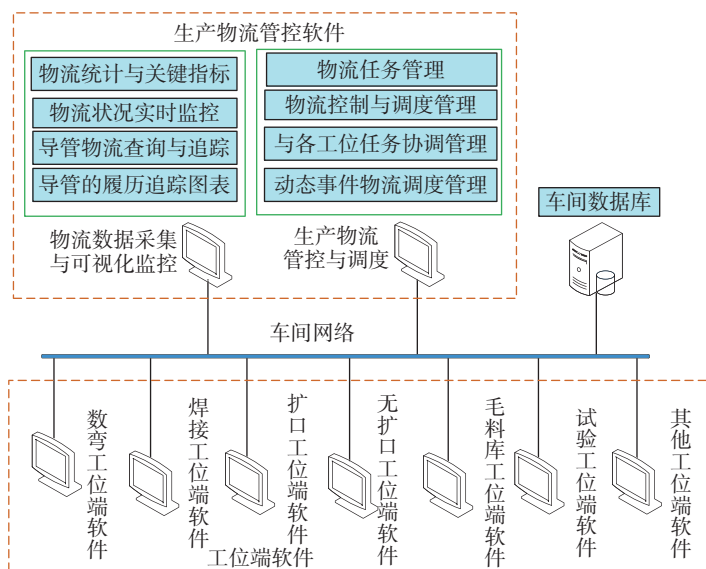


图3 基于工位端的生产物流管控软件

Fig.3 Software framework of production logistics control based on station end

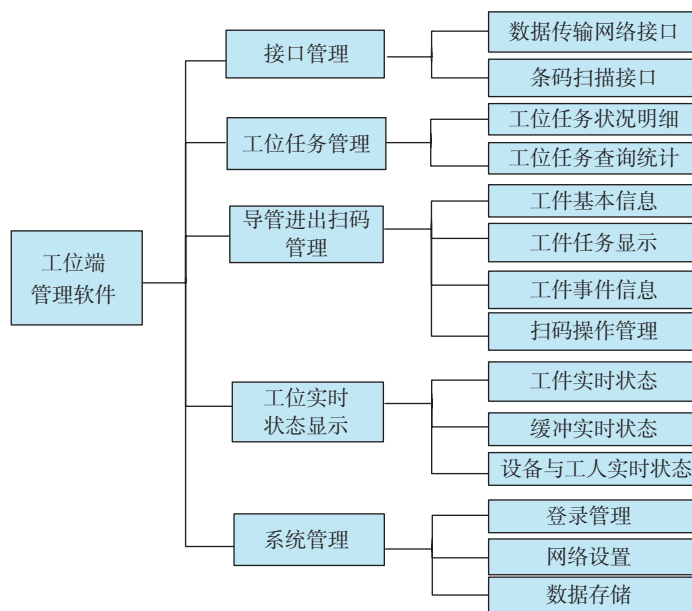


图4 工位端软件子模块组成

Fig.4 Submodules of workstation software

物料对应处理人员、是否报废等信息进行管理,并传递给生产物流管控软件。另一方面,执行上层生产物流管控软件下达的物流控制调度指令,协助对物料调度进行管理,与生产物流管控软件交互配合完成导管在各个工位间的流动,包括确认导管进出完成、主动请求物流调度以及及时响应物流管控软件的调度要求。

### 3.3 后台数据库开发

后台数据库包括系统基本信息数据库、车间资源信息数据库、物料编码数据库、导管物流数据库、各工位生产记录数据库、生产物流任务管理数据库等。

## 4 系统的实现与应用

基于上述研究成果,以某航空导管制造车间为例,按照基于工位端的生产物流管控思想对车间重新进行了优化布局,并对各个工位端软硬件进行了配置,最后开发了基于工位端的生产物流管控系统软件,采用 VS 2012 编程,基于 .NET 框架,开发语言采用 C#,数据库采用 SQL-SERVER2014,软件的模式采用 C/S 3 层结构,系统包括生产物流管控软件、各工位端管理软件和后台数据库。该系统实现了基于工位端的车间布局、基于二维码的导管识别与追踪、基于 AGV 小车的物流管控等功能,可对导管生产物流过程进行有效管控。系统实际应用后,导管车间物料流转效率提高了 30%,仓储堆积率降低了 38%,动态事件响应周期缩短了 25%,达到了对每一根导管都能有效追踪,对整个物流能有效管控的效果。

图 5 实现了基于二维码的导管物流追踪,以及导管物流履历图表的显示:输入零件图号或者扫描导管二维码后,可显示导管整个物流过程的详细信息包括流经位置、进出时刻、流经时间、操作人员等信息,可以查看导管完整的履历图表。

图 6 实现了基于工位的导管物

流数据统计,能显示各个工位在不同时间段进出数量、流转速率、在制品数量等信息。

图 7 显示各个工位在制品详情,在制品详细清单包括每根导管的图号、二维码、上一工位、下一工位、进入及停留时间等信息。

## 结论

本文提出了一种基于工位端的生产物流管控方法,通过构建交互式工位端系统,利用工位端系统将工位区底层与上层生产物流管控有效链接在一起,结合二维码物料自动识别

技术、AGV 智能物流、物流可视化监控等技术建立了导管生产物流管控系统,所研发系统能够实现导管自动识别与追踪、AGV 自动流转、物流可视化监控,达到了对每一根导管都能进行识别与追踪管理,对整个生产所有导管都能够有效管控,彻底解决了导管物流堆积严重、流转效率低、无法追踪等问题,实现了对导管生产线的高效管理。此种方法针对物料数量庞大、多品种、小批量、流转快、人工工序多而导致不易管控的生产车间,提供了一种低成本易实施的生产物流管控方法,能够使生产物流过程



图5 基于二维码的导管物流追踪及履历图表

Fig.5 Conduit logistics tracking and record chart based on QR code

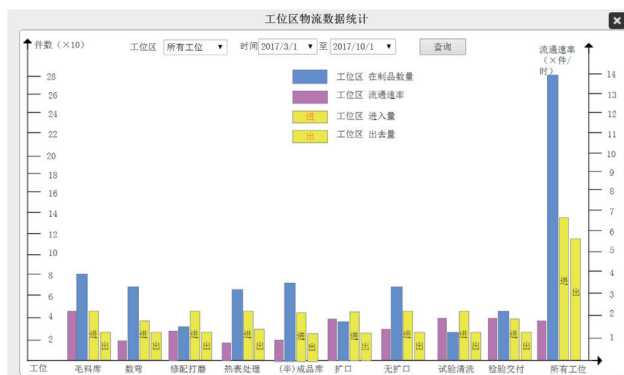


图6 基于工位的导管物流数据统计

Fig.6 Data statistics of conduit logistics based on workstation

序号	二维码	零件图号	计划完工时间	上一物流点	当前物流点	下一物流点	进入监控点时间	停留时间	操作人员	完成情况	物流进度
1	*****	J105A220	2017/8/5	无扩口工位区	铆配打磨工位区	半成品/成品工位区	2017/8/5 12:10	00:18	工号004 赵六	未开始	0/5
2	*****	J105A220	2017/8/9	扩口工位区	试验清洗工位区	半成品/成品工位区	2017/8/9 12:10	04:42	工号002 李四	已完成	5/5
3	*****	X1340001	2017/8/12	试验清洗工位区	热处理工位区	半成品/成品工位区	2017/8/12 12:10	02:18	工号003 王五	进行中	3/7
4	*****	X1340002	2017/8/18	打磨工位区	热处理工位区	半成品/成品工位区	2017/8/18 12:10	01:03	工号002 李四	进行中	4/5
5	*****	J109F001	2017/8/19	数零工位区	铆配打磨工位区	试验清洗工位区	2017/8/19 12:10	0:33	工号004 赵六	进行中	0/4
6	*****	J10304401	2017/8/5	试验清洗工位区	热处理工位区	扩口工位区	2017/8/5 12:10	03:02	工号004 赵六	进行中	0/4

图7 各工位在制品详情

Fig.7 Details of WIP of workstation

可识别、可追踪、透明化、高效可控。

### 参考文献

- [1] 蒋丽. 以工位为中心的生产物流配送优化研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2011.
- JIANG Li. Workstation-oriented production logistics distribution optimization[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2011.
- [2] 蒋丽. 以工位为中心的生产物流配送优化[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(11): 2153-2159.
- JIANG Li. Workstation-oriented production logistics distribution optimization[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(11): 2153-2159.
- [3] 孙朝阳. 基于工位节拍化生产的A公司内部物流管理[D]. 成都: 西南交通大学, 2016.
- SUN Chaoyang. Company A's internal logistics management optimization based on the beat location production[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2016.
- [4] 庄存波, 刘检华, 熊辉, 等. 复杂产品装配现场动态实时可视化监控系统[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(6): 1264-1276.
- ZHUANG Cunbo, LIU Jianhua, XIONG Hui, et al. Assembly shop floor dynamic and real-time visual monitoring system for complex product[J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2017, 23(6): 1264-1276.
- [5] ZHEN X, WANG A M, FAN R C, et al. Barcode-based service-oriented material flow technology for complex product assembly[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 667: 93-97.
- [6] ZHANG F, JIANG P, ZHENG M, et al. A performance evaluation method for radio frequency identification-based tracking network of job-shop-type work-in-process material flows[J]. Journal of Engineering Manufacture, 2013, 227(10): 1541-1557.
- [7] QU T, YANG H D, HUANG G Q, et al. A case of implementing RFID-based real-time shop-floor material management for household electrical appliance manufacturers[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2012, 23(6): 2343-2356.
- [8] 曹伟, 江平宇, 江开勇, 等. 基于RFID技术的离散制造车间实时数据采集与可视化监控方法[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(2): 273-284.
- CAO Wei, JIANG Pingyu, JIANG Kaiyong, et al. Radio frequency identification-based real-time data collecting and visual monitoring for discrete manufacturing workshop[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017, 23(2): 273-284.
- [9] 伍伟民, 刘检华, 唐承统, 等. 复杂产品装配物料精细化管控系统[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23(4): 769-780.
- WU Weimin, LIU Jianhua, TANG Chengtong, et al. Refined management and control system of assembly material for complex products[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2017, 23(4): 769-780.
- [10] 庄存波, 刘检华, 唐承统, 等. 复杂产品离散装配过程中的物料动态跟踪与管理技术[J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(1): 108-122.
- ZHUANG Cunbo, LIU Jianhua, TANG Chengtong, et al. Material dynamic tracking and management technology for discrete assembly process of complex product[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2015, 21(1): 108-122.

通讯作者: 付建林, E-mail: jlfuhappy@163.com.

## Production Logistics Control of Aircraft Conduit Workshop Based on Station End

FU Jianlin, ZHANG Jian, DING Guofu, ZOU Yisheng, JIANG Haifan

(School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**[ABSTRACT]** The production of aircraft conduit is characterized by multi-varieties, small-batch, lots of manual operations, fast circulation, high productivity and large quantity of WIP, so its logistics control becomes more difficult. This paper proposes a production logistics control method based on the concept of station end, which is built from bottom layer (station end) to upper layer (workshop production control), that is, all kinds of workshop resources are divided into several different stations according to process functions. Each station is a logistics control point equipped with station end software, station end terminal, and material identification device, AGVs are used to transport conduits among stations. All stations are connected together with upper layer by workshop network. So the production logistics instructions from upper layer can be fast transferred to each station and executed quickly, at the same time the logistics information of conduits can be accurately collected from bottom layer and sent to upper layer, so the logistics control system of production workshop is set up efficiently. We develop the logistics control system for a practical aircraft conduit production line, and the effectiveness of the proposed system is validated.

**Keywords:** Aircraft conduit; Station end; QR code; Logistics control

(责编 大漠)