

基于流程程序分析的注塑机底箱装配生产线改善

□ 郑跃君^{1,2} □ 周炳海¹ □ 陈 健²

1. 同济大学 机械与能源工程学院 上海 201804

2. 海天塑机集团有限公司 浙江宁波 315800

摘 要:应用流程程序分析方法,以某公司注塑机底箱装配生产线为研究对象,对注塑机底箱装配过程进行分析,确认搬运、储存、人员走动、等待等浪费现象。基于工业工程的取消、合并、调整、简化原则,对注塑机底箱台位式装配的流程、工艺、生产线平衡及布局提出改进方案。实施改进方案后,注塑机底箱装配生产线的浪费大幅减少,生产场地占用空间减小,生产线效率得到提升。

关键词:注塑机 生产线 流程程序分析

中图分类号:TH162

文献标志码:A

文章编号:1000-4998(2019)04-0104-06

Abstract: By taking the assembling line for bottom case of injection molding machine in a company as the research object, the assembly process of the bottom case of the injection molding machine was analyzed via the process program analysis method to confirm the waste in handling & storage, personnel walking and waiting, etc. Based on the principle of ECRS of industrial engineering, an improvement plan was proposed for the assembly flow & process for the bottom case of the injection molding machine, as well as the balance and layout of the production line. After the implementation of the improvement plan, the waste in the assembling line for bottom case of the injection molding machine was greatly reduced, the production space was reduced, and the efficiency of the production line was improved.

Key Words: Injection Molding Machine Production Line Process Program Analysis

1 研究背景

当前,市场经济高度繁荣和发展,生产力水平极大提高,使市场需求多样化和消费者产品需求个性化变得很普遍。面对客户要求不断提高且总在变化、竞争愈来愈烈的市场环境,企业要生存,就必须以客户为导向,不断改善创新,满足客户的需求。“中国制造 2025”对工业自动化、信息化、数字化及最终的智能化提出了新的规划,同时对生产制造企业提出了新的要求,这是生产制造业转型升级的挑战,同时也是发展的机遇。

精益生产通过系统结构、人员组织、运行方式和市场供求等方面的变革,使生产系统能很快适应用户需求的不断变化,并能将生产过程中无用、多余的东西精简,最终使包括市场供销在内的生产各方面达到最佳。与传统的大生产方式不同,精益生产的特点是品种多、小批量^[1]。

笔者以 X 公司中型注塑机的底箱装配生产线为研究对象,应用流程程序分析方法对该生产线进行分析,使各生产资源科学配置、合理布置和安排,对整个

生产线进行优化,提升生产效率^[2]。流程程序分析方法指对现有的或拟议的加工、装配、操作方法进行系统记录和严格考查,进而开发和应用更容易、更有效的工艺流程,同时可以降低成本^[3]。

2 流程程序分析

流程程序分析对整个生产过程进行全面观察记录和整体分析,是程序分析中最基本、最重要的分析方法。流程程序分析以现行工艺程序为基础,采用专用的图表和符号进行详细观察、记录,应用取消、合并、调整顺序、简化四大原则进行分析,提出合理的工艺流程,以及车间平面布置与物料搬运路线。

流程程序图由操作、搬运、检验、等待、储存五种符号构成,具体符号及含义见表 1。流程程序表指实际工作中的具体流程,在分析记录时,需要将各项工作按照发生的顺序用带箭头的直线连接起来。

表 1 流程程序图符号

符号	○	⇒	□	D	
含义	操作	搬运	检验	等待	储存

3 注塑机底箱装配生产线分析

笔者应用流程程序分析法找出注塑机底箱装配生产线布局、装配过程中的各种浪费,针对各种浪费提出改善方案,以达到提高生产效率、缩短制造周期、降低工人劳动强度的目的。

3.1 装配流程

注塑机底箱装配根据机型大小分类布局,在装配现场,底箱按台位式摆放,每个底箱相当于一个工作台。因为X公司生产的各类中型注塑机底箱装配主要差异在于底箱自身及安装在底箱上的相关零件体积大小,而主要装配工序的工艺并无差异,所以笔者选取其中一个机型MA38000 /2250进行研究。注塑机底箱装配生产线改善前现场布局如图1所示。

注塑机底箱装配生产线布置如图2所示,占地面积达3 744 m²。为了能够更详细地介绍装配的工艺流程,对注塑机底箱装配工艺的各个工序进行细化,具体工序流程见表2。

采用作业测定的方法测量计算出每道工序的标准作业时间^[4-5],并且测定搬运距离、所需操作人员、存储时间等,将这些数据信息记录在注塑机底箱装配工序流程程序表中,见表3。



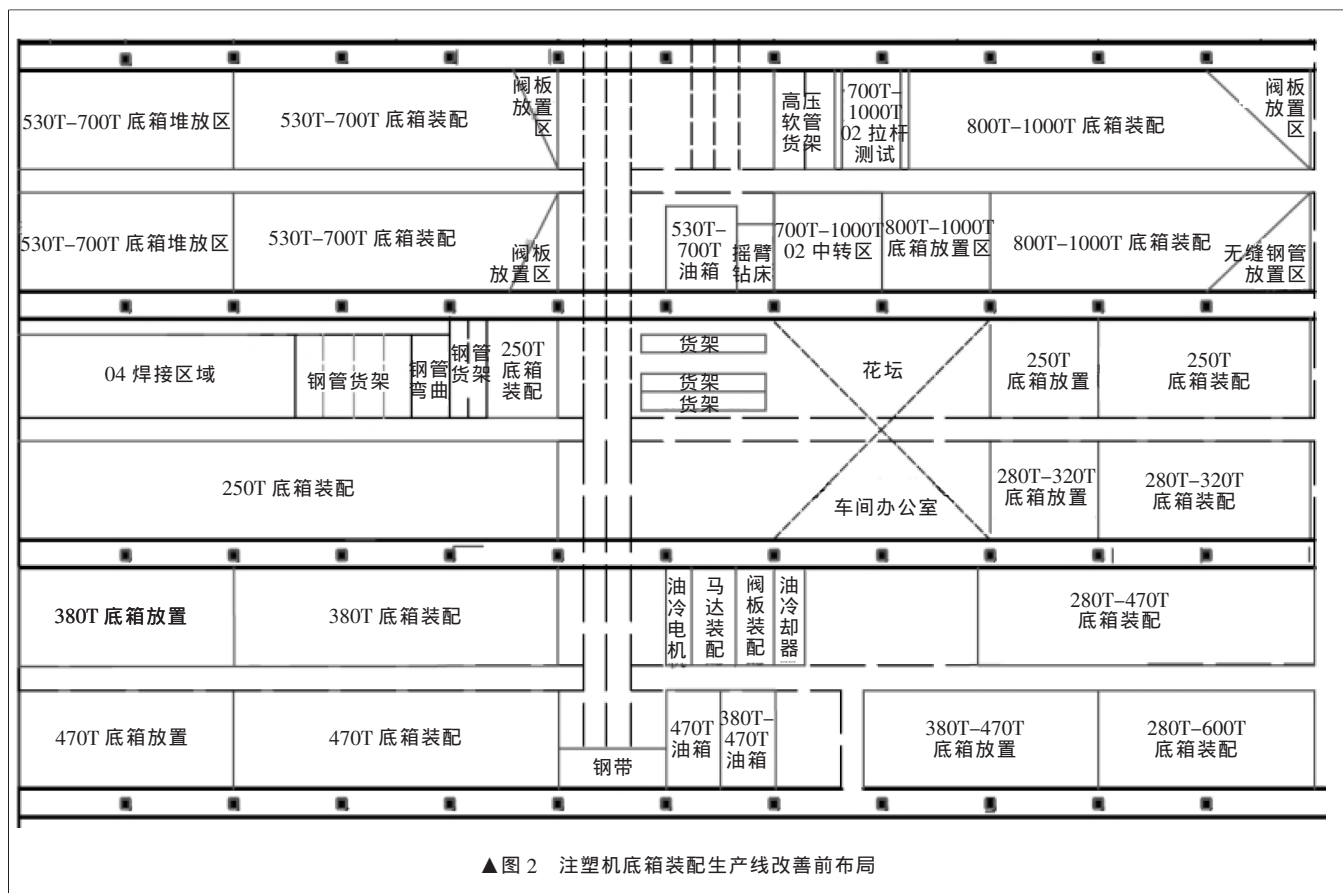
▲图1 注塑机底箱装配线改善前现场

3.2 问题分析

对于目前台位式装配生产线进行全面分析,得出有以下浪费现象。

(1) 在制品较多,生产周期长。总共有50个工位,周期达580.5 min,约10 h。

(2) 员工活动范围过大。由于员工活动范围过大,导致各工序之间有太多的搬运。台位式布局面大,单类底箱装配人员与物料搬运活动距离达1 005 m,有使用手推车进行搬运,也有使用叉车进行搬运,不同类底



▲图2 注塑机底箱装配生产线改善前布局

表2 注塑机底箱装配工序流程

工序号	工序名称
04-01	04 配料至线边库
04-02	合模阀板组装、检测
04-03	压力阀板组装、检测
04-04	电机组装、检测
04-05	油箱配对、定位、清洗
04-06	加油嘴安装
04-07	内吸油管定位
04-08	电机搬运、定位、安装
04-09	冷却器定位、安装
04-10	配点焊钢管装、拆
04-11	各类钢管及焊接件焊接搬运、安装
04-12	旁路滤油器组装
04-13	04 阀板定位、安装
04-14	φ8 和 φ14 钢管弯曲、安装
04-15	变量泵定位安装
04-16	钢带定位
04-17	磨接地标牌
04-18	底箱螺塞安装
04-19	底箱抛光
04-20	半成品检测
04-21	搬运至暂存区

箱装配切换场地移动距离则更大。浪费了时间和人力,可以考虑进行减少和改进。

(3) 员工在装配作业时较多的领料活动。由于装配作业范围大,因此虽然有工序 04-01 配料至线边库,但是实际底箱作业平台分布广,每台底箱距线边零件库还有一段距离。20 余道工序中有多达 14 道工序需要临时领料。

(4) 生产线不平衡,员工使用率不足。04-17、04-18 和 04-19 这三道工序人员使用率大约为 56%,其中员工最长操作时间为 6.25 min,最短只有 2 min,远远不到节拍

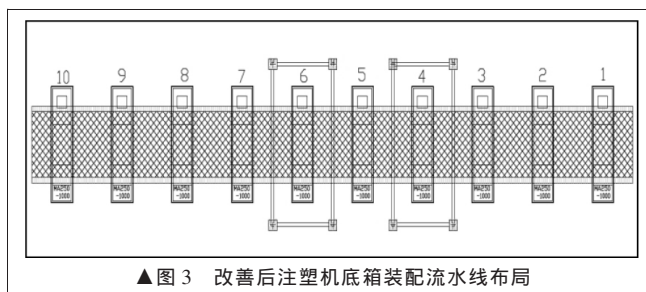
用面积减小约 1/3,每位员工可以就近取到需要组装的零件,每块阀板的物流时间缩短约 5 min。

(3) 复杂装配工序简化。原电机定位使用行车起吊,行车来回时间、等待装配时间较长,且因底箱铺开放置,员工走动时间较长。采用流水线固定工位后,将电机定位方式改为工装定位,每台电机定位时间节约 2.5 min,提升效率约 20%。原每台电机领料时间为 5 min,改善后为专人批量配送,单台电机平均配料时间为 1 min。

(4) 多人领料改为专人配料,节约物流时间。流水线改造前,零件由每位员工根据清单领取,这种方式的一个劣势是每位员工都要走较长的距离去领料,浪费走动时间。改善之前,员工底箱装配的物流时间为 140.5 min,改为流水线装配之后,由专人对流水线进行配料,物流时间为 108 min,每个零件平均配送时间大大缩短。

基于以上方案,笔者对注塑机底箱装配生产线进行改善。改善后,再次应用流程程序分析对所有工序流程进行细化和量化。改善后注塑机底箱装配工序流程程序表见表 4。

按照改善后注塑机底箱装配工序流程程序设计出注塑机底箱装配流水线布局,如图 3 所示。



▲图3 改善后注塑机底箱装配流水线布局

4 生产现状改善

根据上述分析结果,笔者以降低在制品库存、实现连续流或单件流、优化生产过程和工艺、提高员工使用率等为目标,采用取消、合并、调整顺序、简化原则,制订了如下改进方案^[8-10]。

(1) 并行工序进行重组。注塑机底箱装配工序中,部分工作存在并行的情况,前后顺序可以调整。如 04-08 中电机定位和 04-15 中变量泵定位,都属于注塑机底箱下端装配的工序,变量泵可以后装,也可以提前装配。这样,将 04-08 中的电机定位和 04-15 中的变量泵定位进行重组,成为一道新的工序。这样重组后,由同一位员工进行安装,缩短员工来回走动的时间,提高了生产效率。

(2) 相似工序进行合并。每一台注塑机都有多块阀板,考虑到阀板组装零件相似度高,如螺塞、接头、阀、阀芯、阀盖、压力传感器等,将阀板的组装都集中到一个位置,采用 U 形布局,并且对每位员工的工作重新安排,使一位员工组装一类阀板。改善后,场地的使

5 改善效果评价

经过六个月的改善,注塑机底箱装配由原先的台位式生产改善为流水线式装配。流水线装配现场如图 4 所示。

改善后,注塑机底箱装配流水线员工由原先的 38 人减少为 34 人,加班时间由人均每月 20 h 缩短至 0,生产线平衡率由 76.1% 提升至 89.2%,生产场地占地面积由 3 744 m² 减小为 2 304 m²,生产周期由 1.5 d 缩短为 1 d。

注塑机底箱装配工序改善前后对比见表 5。由表 5 可以看出,改善后生产周期缩短,搬运活动范围大幅减小,生产线基本实现了从台位式升级至单件流。

6 结束语

通过对注塑机底箱装配生产线进行改善,可以看

表 3 改善前注塑机底箱装配工序流程程序表

工序号	内容	距离/ m	时间/ min	人员 数	○	⇒	D		□	备注
04-01	04 配料至线边库	100	30	2		↓				
04-02	合模阀板领料	20	5			↖				
	合模阀板组装		15			↗				
	力矩检测		2			↖				
	暂时存放	50	30	2		↗				合模阀板组件存放
04-03	压力阀板领料	20	5			↖				
	压力阀板组料		18			↗				
	力矩检测		2			↖				
	暂时存放	50	30	2		↗				压力阀板组件存放
04-04	电机领料	25	5			↖				
	电机组装		17			↗				
	同心度测试		5			↖				
	暂时存放	30	30	2		↗				电机组件存放
04-05	油箱配对至指定区域	50	7.5			↖				
	油箱定位安装		8.75			↗				
	油箱清洗		5	2		↖				
04-06	加油嘴领料	15	4			↗				
	加油嘴安装		7.5	1		↖				
04-07	内吸油管领料	15	4			↗				
	内吸油管定位		11.25	1		↖				
04-08	电机发货至指定区域	25	5			↗				
	电机定位		12.5	1		↖				
04-09	冷却器领料	50	6			↗				
	冷却器定位		12.5	1		↖				
04-10	配焊钢管领料	80	10			↗				
	钢管点焊		18			↖				
	点焊钢管拆卸		18			↗				
	搬运至焊接区	80	10	3		↖				
04-11	焊接件领料	15	3			↗				
	各类钢管、焊接件焊接		35			↖				
	各类钢管、焊接件搬运	80	6			↗				
	钢管安装		40	7		↖				
04-12	旁路滤油器领料	15	4			↗				
	旁路滤油器组装定位		13.75	1		↖				
04-13	04 阀板领料	20	5			↗				
	04 阀板定位		12.5	2		↖				
04-14	φ8、φ14 钢管领料	80	10			↗				
	φ8、φ14 钢管弯曲		15			↖				
	φ8、φ14 钢管发货	25	5			↗				
	φ8、φ14 钢管安装		12.5	3		↖				
04-15	变量泵领料	60	8			↗				
	变量泵安装定位		2.5	1		↖				
04-16	钢带领料	50	6			↗				
	钢带定位		13.75	2		↖				
04-17	磨接地标牌		3.75	1		↖				
04-18	底箱螺塞领料	20	2			↗				
	底箱螺塞安装		2.5	1		↖				
04-19	底箱抛光		6.25	1		↖				
04-20	半成品检测		10	1		↖				
04-21	搬运至暂存区	30	30	1		↖				半成品放置
合计	50 个工位				22	20	0	4	4	工序数
					51.9%	24.2%	0	20.75%	3.3%	时间百分比
		1 005	580.5	38	301	140.5	0	120	19	



表4 改善后注塑机底箱装配工序流程程序表

工序号	内容	距离/ m	时间/ min	人员 数	○	⇒	D		□	备注
04-01	04 配料至线边库及流水线	100	45	3						配送至各区域
04-02	合模阀板组装		15							阀板组装区模块化布局, 统一配料及存储
	压力阀板板组装		18							
	力矩检测		4							
	暂时存放	50	60	3						
04-03	电机领料	25	5							电机组件存放
	电机组装		17							
	同心度测试		5	2						
	暂时存放	30	30							
L-01	油箱清洗		4							根据计划由物流人员 统一配送
	油箱配对至指定区域	50	6	1						
L-02	油箱定位安装		7							
	加油嘴安装		6							
	内吸油管定位		9	2						
L-03	04 阀板定位		10							
	旁路滤油器组装定位		11	2						
L-04	φ8、φ14 钢管安装		10	1						
L-05	电机定位		10							
	变量泵安装定位		2	1						
L-06	冷却器定位		10							
	机身 01 钢管点焊拆卸		12							
L-07	机身 01 钢管搬运至焊接区	80	4	2						
	机身 02 钢管点焊拆卸		24							
L-08	机身 02 钢管搬运至焊接区	80	4	2						
	钢带定位		11	1						
L-09	磨接地标牌		3							
	底箱螺塞安装		2							
	底箱抛光		5	1						
L-10	安装吊钩并吊至指定区	20	12	1						
04-04	吊至现场作业区	50	8	1						
04-05	焊接件领料	15	3							焊接区统一焊接
	各类钢管、焊接件焊接		35							
	各类钢管、焊接件搬运	50	6							
04-06	钢管安装		40	7						
	φ8、φ14 钢管领料	80	10							
	φ8、φ14 钢管弯曲		15							
04-07	φ8、φ14 钢管发货	25	5	2						
04-08	半成品检测		10	1						
04-08	搬运至暂存区	30	30	1						
合计	39 个工位				22	11	0	3	3	半成品放置
					52.8%	20.7%	0	22.9%	3.6%	工序数
		685	523	34	276	108	0	120	19	时间百分比

出,流程程序分析法对现场生产流程改善、工艺优化,以及生产线更新、升级有理论指导作用。

通过注塑机底箱装配生产线的改善,大幅提高了企业的生产效率,生产车间可以对变化的市场需求做出快速响应,企业的竞争力得到提升。

参考文献

[1] 汤义萌,张勇飞.精益生产与效益提升[M].深圳:海天出版社,2014.

[2] 陈仲恺,周炳海.基于精益理念的汽车门板生产线规划[J].机械制造,2015,53(6):53-57.

[3] 汪应洛.工业工程基础(修订版)[M].北京:中国科学技术出版社,2005.

[4] 马钦海,关志民,何志明.工作研究方法在生产作业过程优化中的应用[J].人类工效学,2003,9(2):26-28.

[5] 张鸣鹤,周炳海.S公司车辆装配线生产效率的改善[J].机械制造,2016,54(5):85-88,96.



表5 注塑机底箱装配工序改善前后对比

状态	工序数			时间/min			搬运距离/m			在制品库存数		
	改善前	改善后	节减	改善前	改善后	节减	改善前	改善后	节减	改善前	改善后	节减
加工	22	22	0	301	276	25	0	0	0	45	30	15
搬运	20	11	9	140.5	108	32.5	1 005	685	320	0	0	0
等待	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
储存	4	3	1	120	120	0	0	0	0	0	0	0
检验	4	3	1	19	19	0	0	0	0	0	0	0
合计	50	39	11	580.5	523	57.5	1 005	685	320	45	30	15



▲图4 改善后注塑机底箱流水线装配现场

- [6] 高广章. 工作研究在 Polaris Housing 装配线平衡中的应用[J]. 机械设计与制造, 2009 (7):102-104.

- [7] 汤森. 生产线平衡与 JIT 配送诀窍[M]. 曹岩, 杨丽娜, 曹森, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2015.
 [8] 石渡淳一, 加藤贤一郎, 高柳昭, 等. 最新现场 IE 管理[M]. 严新平, 朱小红, 熊辉, 译. 深圳: 海天出版社, 2004.
 [9] 郭伏, 张国民. 工作研究在流水线平整中的应用[J]. 工业工程与管理, 2005, 10(2):120-124.
 [10] 今井正明. 现场改善: 低成本管理方法[M]. 华经, 译. 北京: 机械工业出版社, 2010. ▲

作者简介:

郑跃君(1984—)男, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向为精益生产与实践; 周炳海(1965—)男, 教授, 主要研究方向为调度建模、精益生产。

(编辑 平平)

(上接第 103 页)

- [10] 周晖. JMP11 新功能速览 [J]. CAD/CAM 与制造业信息化, 2013(10):38-42.
 [11] 俱攀武, 陈惠贤, 王刚. 超大直径盾构机刀具磨损规律及布置方法研究[J]. 机械制造, 2014, 52(8):67-70. ▲

作者简介:

胡攀登(1983—)男, 硕士研究生, 主要研究方向为超精密加工技术; 郭旭红(1963—)男, 教授, 主要研究方向为精密、超精密及高速切削加工技术。

(编辑 岚)

阿赫玛亚洲展将在上海举行

阿赫玛亚洲展 2019 暨第十一届国际化工先进制造博览会将于 2019 年 5 月 21 日至 23 日在中国上海国家会展中心隆重举行。阿赫玛亚洲展将聚焦备受关注的领域, 为市场准入提供更大的平台, 加强客户、供应商和潜在合作伙伴之间的沟通, 并推动中国化工流程行业的创新。此次展会的一个重大变化是将活动场地从北京转移到了上海, 这反映了上海已成为中国化工流程行业的中心。另一个重要变化是展会的中心议题贴合中国的十三五规划和当前的行业趋势。此次展会围绕的核心是可持续发展, 在此基础上探讨过程技术、制药技术、工业水处理技术、装置和过程安全技术、数字化技术等主题。

三十多年来, 阿赫玛亚洲展已成为化工流程行业主要厂商之间交流联络的重要平台。当前, 在中国加速现代化建设、吸引外资

和经济有机成长的背景下, 中国的化工流程行业正在不断迅速发展着巨变。阿赫玛亚洲展是中国化工流程行业最具国际性且规格最高的盛会, 在全球也享有良好的声誉。阿赫玛亚洲展为参展商、发言人提供了无与伦比的展示平台, 为参会者提供了广泛的交流机会。

本年度, 阿赫玛亚洲展将聚焦化工流程行业的最新创新成果。在这个世界级的展会中, 与会者将获得有关行业趋势和中国投资策略的第一手资料, 了解先进的技术、产品与服务, 并能够与领先的供应商、决策者及思想领袖进行交流。阿赫玛亚洲展 2019 暨第十一届国际化工先进制造博览会的主办方为德国德西玛和中国化工学会, 合作方包括中国石油和化学工业联合会、中国石油化工集团公司、中国化工集团公司等。 (本刊)

