

· 研究简报 ·

(20) 104-110

# FT—12 型交流台扇装配线的改进方案

罗兵 曾锐

(重庆大学工商管理学院, 重庆, 400044; 第一作者 33 岁, 男, 副教授, 博士生)

TM925.105

**摘要** 应用工业工程(IE)的原理对 FT—12 型台扇装配线进行了分析, 并提出了改进方案。

**关键词** 装配线; 生产效率; 作业平衡率  
**中国图书资料分类法分类号** TB657.2

交流台扇

## 0 引言

工业工程(IE)的原理和工作研究方法在国外已应用多年, 但由于种种原因, 我国大多数企业在这方面的工作尚未实质性展开, 使产品生产周期长、在制品占用多, 流动资金周转慢, 生产能力得不到充分发挥, 工作效率和经济效益受到很大影响。笔者针对重庆轻工业局某企业的 FT—12 型交流台扇装配线作了应用尝试, 取得了明显的效果。

## 1 生产现场的调研和分析

工厂使用的 FT—12 型台扇装配线建于 1986 年, 其后未作过任何改进, 属于粗略节拍主线移动式装配线, 传送带理论速度为 1.5 m/min, 现行速度为 1.0 m/min, 平均班产量 600 多台, 线上操作工人 34 名, 辅助作业人员 4 名, 线下工人 9 名。采用单班制生产, 每周工作 5 d, 每天工作 7.5 h。

为了便于分析研究, 首先对生产现场装配线的工艺流程、操作情况和工作地布局进行了观测和记录。并对线上各工序进行了实测, 绘出 FT—12 型台扇装配线流程图。

需指出的是, 在装配线流程程序图中, 第 10 道工序为检测, 由于检测工序在两

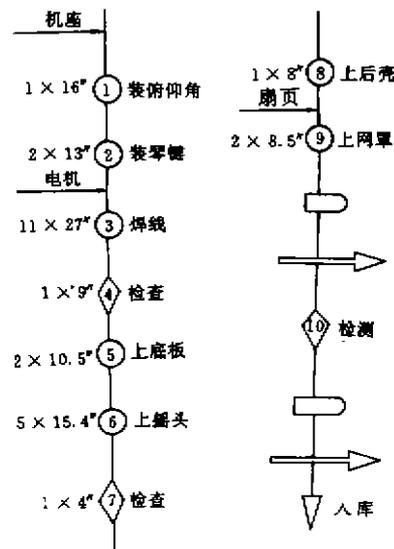


图 1 FT—12 型台扇装配线流程程序图

· 收文日期 1997-12-19

日本世川良一优秀青年教育基金资助项目(批准号 97008)

条传送带上进行,除了在两条传送带之间有人力搬运外,基本上是机器操作,且处于一种动态平衡,即检测工序输入多少台电扇,则输出多少台,不受操作工人动作影响,因此本研究的生产线平衡主要指第一条生产线——主装配线,其包括的工序如表2。

由装配线流程程序分析知,焊线操作花费时间过长,平均每人达27s,为整个装配线的“瓶颈”,且各工序间极不平衡,造成装配线需用保险在制品量过大,每天上午焊线和摇头之间所需的在制品量达400多台,需专门设置1~2个工人添加于在制品上,同时由于焊线工序过长,上道工序(琴键)又有大量产品流入,故操作人员还要花去部分时间从传送带上拿下未进行焊线工序的在制品,这更增加了焊线工序的操作时间。另外,由于各工序(特别是焊线)的元器件包装物多,需花时间进行清理,且有的操作人员乱堆乱放,影响了其它人员的操作,这充分说明了装配线缺乏统一有序的管理。

表1 线上各工作地测时记录 S

工序名称	工作地 编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{x}$	$\sigma$
上俯仰角	右 1	15	18	15	17	17	14	20	16	14	14	16	1.90
上琴键	左 1	26	25	29	28	26	25	25	26	30	27		
	右 2	23	24	25	29	26	30	25	26	23	25	26	2.03
焊线	左 2	307	304	285	310	324	281	303	296	287	284		
	左 3	345	326	370	337	327	244	393	338	324	324		
	左 4	236	239	233	245	245	235	253	243	263	259		
	左 5	279	292	271	283	302	292	221	363	288	289		
	左 6	223	213	217	216	210	222	220	435	225	223		
	左 7	302	342	289	261	327	264	309	265	391	301		
	右 3	328	276	260	415	354	193	307	278	318	297		
	右 4	249	255	375	341	325	230	256	225	251	243		
	右 5	319	314	337	316	312	337	322	361	308	332		
	右 6	236	238	226	239	234	246	228	220	237	229		
	右 7	332	473	586	498	467	533	466	392	268	608	301	76.50
检测	左 8	9	10	8	12	11	8	9	7	10	8	9	1.47
上底板	右 8	28	26	21	30	28	28	31	30	39	29		
	左 9	13	10	15	13	21	12	16	14	9	14	21	8.52
上摇头	右 9	59	60	58	54	68	54	67	63	61	62		
	右 10	65	59	69	59	74	63	66	61	61	79		
	右 11	80	84	76	78	79	88	79	75	78	77		
	左 10	62	55	66	63	61	63	63	65	58	63		
	左 11	—	(备用,无人员操作)			—	—	—	—	—	—		
	左 12	101	119	121	125	125	114	123	130	88	114	77	21.83
检测	右 12	5	4	4	4	3	3	3	5	3	4	4	0.75
上后壳	右 13	8	7	6	13	8	7	10	7	6	7	8	2.02
上网罩	左 13	23	15	12	17	15	17	16	15	16	17		
		20	12	13	19	13	19	21	28	18	12	17	3.94

表 2 FT-12 型台扇主装配线流程程序表

工序号	工序名称	时间/s	人数	按各工序算出的节拍/s
1	装俯仰角	16	1	16
2	装琴键	26	2	13
3	焊线	301	11	27
4	检查	9	1	9
5	上底板	21	2	10.5
6	上摇头	77	5	15.4
7	检查	4	1	4
8	上后壳	8	1	8
9	上网罩	17	2	8.5
合计		479	26	111.4

### 1.1 装配线的理论班产量计算

根据实测资料,取隘路工序的生产节拍为该装配线的生产节拍,则理论班产量为:

$$N = (T_0 \times \eta) / r = (7.5 \times 60 \times 60 \times 0.93) / 27 \approx 930 \text{ 台}$$

式中  $N$ ——理论班产量,台;

$T_0$ ——制造工作班时间,s;

$\eta$ ——工时利用系数,一般取 0.9 ~ 0.96,这里取  $\eta = 0.93$ (即每班休息 30 min);

$r$ ——生产节拍,上式中  $r = 27$  s.

### 1.2 装配线最大生产能力计算

最大生产能力

$$N_{\max} = \text{有效作业时间} \div \text{单件作业时间} = 7.5 \times 60 \times 60 \times 0.93 \times 26 \div 479 = 1363 \text{ 台}$$

由以上计算数据所知,由于装配线作业时间不平衡,造成现行产量与理论班产量及最大生产能力相差较大.因此,挖掘生产潜力,降低关键工序的作业时间,是本研究的突破口.

### 1.3 装配线的线闲余率

由于装配线是按一定的速度来运行的,如果各工位作业时间有差异,那么,作业时间较短的工位则会产生等待现象,造成装配线上作业人员忙闲不均,这种等待称为工位闲余,全线工位闲余的总和就称为线闲余.而线闲余与产品流程时间(节拍  $\times$  工位数)的百分比称为线闲余率.它是反映装配线人力、物力资源利用率的指标,同时也反映了装配线组织和设计的合理程度.

线闲余率

$$A = T_2 / T_1 = (r \times n - \sum_{i=1}^n t_i) / (r \times n)$$

式中  $r$ ——装配线的生产节拍时间 s;

$n$ ——装配线的工位数;

$t_i$ ——第  $i$  工位的作业时间 s,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;

$T_1$ ——产品流程时间;

$T_2$ ——线闲余时间.

根据表 1 和表 2 中的数据并取最大工位作业时间为生产节拍代入上式得:

$$A = (r \times n - \sum_{i=1}^n t_i) / (r \times n) = (27 \times 26 - 479) / (27 \times 26) = 0.3177 = 31.77\%$$

装配线作业平衡率 =  $1 - A = 68.23\%$ 。

从以上数据可以看出,该装配线节拍与各工作地节拍失调,存在着近32%的线闲余时间,说明该装配线平衡率较差,有待进一步改进。

## 2 装配线的改进方案

以上提到,本文是利用工作研究方法改进 FT-12 型交流台扇装配线的。具体地说,就是应用了工作研究中“取消、合并、重排、简化”的方法对 FT-12 型交流台扇装配线进行以下的改进和调整。

### 2.1 生产节拍的调整

生产节拍是流水装配线的重要参数,它决定了装配线的生产效率。原装配线由于隘路工序作业时间较长,使装配线上各工作地负荷不平衡,需大量保险在制品,传送带时开时关,由此造成装配线无明显节拍性,各工序之间生产能力不平衡,为此,我们给装配线设定一个节拍。

从装配线流程程序分析图可以看出,装俯仰角工序由于其工作时间决定了装配线在制品的投放时间,再其动作简单不易分解或合并。因此,以装俯仰角工序作业时间 16 s 作为流水线的节拍,且考虑与其它工序的协调后,确定该流水线的节拍为 20 s。

### 2.2 工位的平衡和改进

将装配线节拍定为 20 s 后,原装配线上各工位中就只有焊线工序各工位的作业时间超过新节拍时间。为了使装配线能按节拍运行,达到均衡生产的目的,因此有必要对焊线工位的作业进行分析和改进。

在焊线工位,单件作业时间平均为 301 s,大大超过其它工序中各工位作业时间,故采用以下方法来减少焊线工序作业时间。

#### 2.2.1 操作的分解与合并

在焊线工序中,需要操作的项目较多,这是其作业时间过长的主要原因。在这里将其中的 2 个操作项目分解出来,合并到上琴键工序中去;这样焊线工序总的作业时间就会相应减少。进行分解和合并时应考虑以下原则。

1) 分割出的操作不会给原操作造成困难。

2) 分割出的操作尽可能合并到邻近工位去,这样可使工艺流程和设备不会发生大的变化。

3) 被合并的工位不会因作业的增加而使装配顺序发生改变,导致装配操作非常困难或工作量增加很大。

4) 分割合并作业要考虑操作类型相同、技术难度相当,使操作人员能够承受。

根据以上原则,将焊线工序中装接线卡(约 10 s)和装定时器(约 9 s)分解出来,合并到操作类型相同,且为邻近工序的装琴键工序中去。这样,装琴键、电容、摇头开关、线卡和定时器的操作方式基本一样,都是用电动螺丝刀上螺丝,且减少了焊线工序由于所需装配元件较多使操作台布置较凌乱的现象。但为了使增加到上琴键工序的操作时间不超过节拍,还需对

上琴键工序重新进行动作设计。

### 2.2.2 操作的删除及工作台的布置

1) 操作的删除。在接电机线时,原电机线头在电机制造车间生产时已经剥过,但由于时间较长,产生铜锈,使线头的焊接性较差。因此,焊线工序操作人员进行操作时,需要用剪刀将线头剪去,再重新剥线,耽搁了不少时间。另外,由于电机线外皮剥制长度不够,操作人员还需将外皮多剥开 33~66 mm 并剪去。在改进时,建议电机生产车间只将电机线外皮剥至焊线操作使用长度,而内芯的剥制由焊线操作进行。这样,不仅节省了双方的时间,而且节约电线。

2) 操作台布置。现行操作台布置中,定时器电源线的放置不符合动作经济原则。按动作经济原则的要求,工具物料和操作装置应布置于操作者面前近处,而现在却是把定时器、电源线置于右后方。这样,每操作一次都要有一个转身、回身的动作。因此,应把定时器、电源线置于左前方工作台空闲处,只需伸手便可拿到,降低动作等级。但在本次改进方案中,由于建议将上定时器操作合并到上琴键工序中去,故将电源线放于左上角,而将固线卡放于右手边,同时接线卡和定时器都交给上琴键工序。

### 2.2.3 应用模特法(MODAPTS)进行动作分析和时间研究

模特法是一种简单实用的预定动作时间标准法,用它方便地进行动作分析并且能较准确地表示和确定动作时间。其具体步骤和方法如下。

1) 将操作分解为若干动作并按动作经济原则对各动作进行有效性和合理性分析,删除多余动作,改进无效和不合理动作,然后将有效合理的动作重新组合成新的操作,即标准操作,并绘制动作程序图。

2) 按模特法写出各动作或操作分析式,再根据分析式算出各动作和操作时间。

3) 综合各动作和操作时间并考虑适当的宽放时间确定工位作业时间。

按动作分析的步骤和方法,对焊线工序的左 2 工位进行动作分析和工位作业时间的确定,制定出左右手工作程序图(限于篇幅未加展示)。

标准时间 = 正常时间 / (1 - 宽放率), 其中正常时间由左右手工作程序图中的时间相加求得,宽放率根据经验确定。

代入数据,则得标准时间 =  $(1492.5 \times 0.129) / (1 - 0.35) = 296.2 \text{ s}$ , 与实际测得的时间(301 s)相差不大。

根据以上左右手工作程序图,逐项对照分析,利用动作经济原则对焊线工序的动作和新的上琴键工作进行重新设计。

在前面我们将部分工作作了分解和合并,并对工作台布置进行了改善,以降低动作等级。同时我们还考虑建议操作人员在操作中先把一些较小装配元件,如螺丝、绝缘套等拿出并放在胸前工作台上,以便不用上臂动作便能拿到并进行操作。这样可以得到一套新设计动作(改进后)的 MODAPTS 分析图表(也称改进后的左右手工作程序图,限于篇幅未加展示)。

改进后的标准时间 = 改进后的正常时间 / (1 - 宽放率), 其中改进后的正常时间由改进后的左右手工作程序图中的时间加总求得,宽放率也根据经验来确定。这里假设改进前后的宽放率相同,都等于 0.35。

改进后的标准时间 =  $(1050 \times 0.129) / (1 - 0.35) = 208.4 \text{ s}$ 。

同时,由于上琴键工序增加了 2 个操作项目,其时间有可能超过新规定的节拍 20 s,有

必要对其动作作出新的设计, 详见上琴键左右手工作程序图(篇幅所限未加展示)。

同样可以计算出上琴键工序的标准时间 $= (194 \times 0.129) / (1 - 0.35) = 38.5$  s。

### 2.2.4 装配线上其它工序的合并

由装配线流程程序图可以看出, 有的工序时间较短, 低于新设定的节拍。故将一些时间较短的相邻工序适当合并, 以增加装配线的平衡率, 并降低人力资源的浪费。

此次合并的工序有: 工序 4(检查)和工序 5(上底板)合并后时间为 14 s, 工序 7(检查)和工序 8(上后壳)合并后的时间为 13 s。

且在工序 9(上网罩)中, 只需一个人操作便可以满足装配线的要求, 改进后的工作地节拍为 17 s。

## 3 改进后装配线的效果

基于上述这些改进原则和设想, 绘制出新的装配线流程程序图如图 2。

根据新的装配线流程图可计算出改进方案所显示的增产效果。

### 3.1 理论班产量计算

$$\begin{aligned} N &= (T \times \eta) / r \\ &= (7.5 \times 60 \times 60 \times 0.93) \div 20 \\ &= 1256 \text{ 台} \end{aligned}$$

### 3.2 装配线最大生产能力计算

$$\begin{aligned} N_{\max} &= \text{有效作业时间} \div \text{单件作业时间} \\ &= (7.5 \times 60 \times 60 \times \\ &\quad 0.93 \times 24) \div 397.5 = 1516 \text{ 台} \end{aligned}$$

此处作业人员由原来的 26 人减为 24

人, 单件作业时间也由原来的 479 s 降低到 397.5 s。

### 3.3 装配线线闲余率及平衡率计算

$$\begin{aligned} A &= (r \times n - \sum_{i=1}^n t_i) / (r \times n) \times 100\% \\ &= (20 \times 24 - 397.5) \div (20 \times 24) \times 100\% = 17.2\% \end{aligned}$$

装配线的作业平衡率 $= 1 - 17.2\% = 82.8\%$ 。

### 3.4 其它方面的一些改进设想

以上分析是一些大的方面改进, 主要涉及工序及操作分析, 但有的方面还需设计部门和生产管理部门共同协作才能更好完成。笔者认为主要有以下几个方面值得注意。

1) 零件的通用性。在生产中, 不同装配部位的螺丝不一样。目前现行生产中焊线需用 3 种规格的螺丝, 而上琴键需用另外两种, 建议在设计时, 应尽量统一螺丝规格, 以减少操作人员寻找的时间。

2) 在本装配线中, 运输不是占用时间的主要工序, 但在车间平面布置中, 装面板、灯饰等线下工作离装配线过远, 增加了运输距离, 应考虑把装面板及灯饰操作台移近线上装俯仰

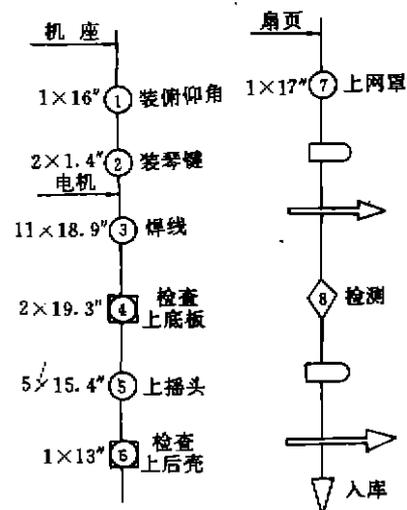


图 2 改进后的 FT-12 型台扇装配线流程程序图

角工作地。

3) 车间空间位置利用不够。在上摇头时,电动螺丝刀应考虑用扭簧悬挂在空中,便于随手抓取,降低动作等级。在制品的储放,可用架子堆积,而不是放于车间地上,从而增加车间地面的使用率。

4) 装配线辅助工人的任务不应只是添加在制品和打扫卫生。在工序4检查出不合格产品时,应让辅助工人送至返修操作人员处,而不是工序4检查人员叫名字让操作人员去拿回。这样可减少操作人员不必要的时间消耗。同时辅助人员还应帮助清理较大的包装物,如电机盒子等。

5) 工具的设计。工具的设计应尽量考虑通用性,如焊线工序的尖嘴钳和虎钳就可用一种尖嘴的老虎钳代替,可减少操作人员寻找判断的时间。同时电动螺丝刀应尽量用细一点的,让操作人员在握持电动螺丝刀时,指头还可进行一定的操作。

6) 工人的教育管理。虽然整个车间工人的积极性较高,但仍有个别工人工作散漫,应加强纪律教育。同时在新的动作设计付诸实施时,更应加强工人的操作及生产前的教育。

## 4 结束语

笔者仅对 FT-12 型台扇装配线应用工作研究方法进行了初步分析和研究,取得了显著的效果。说明工业工程是提高企业经济效益的有用技术,在我国实行集约化经营和可持续发展战略中推广和应用工业工程必将使生产企业取得巨大的经济效益。

### 参 考 文 献

- 1 翟存荣,余臻. KC-20 空调器装配线的工作研究. 系统工程学报,1995,10(3),61~68
- 2 牟小桐,罗兵. 现代生产管理学. 重庆:西南师范大学出版社,1994. 54~57
- 3 吴玉瑞,马士华. 现代生产管理学. 武汉:华中理工大学出版社,1994. 51~57

## An Improving Design for FT-12 Electric Desk Fan Assembly Line

*Luo Bing      Zeng Rui*

(School of Business Administration, Chongqing University)

**ABSTRACT** This paper analyzes the FT-12 electric desk fan assembly line, and discusses the methods of improving the work stations design using the principles of industrial engineering (IE), the concepts of systems engineering and the techniques of work study. Practice proves that the productivity and the economic benefit of the manufacturing company are greatly increased, with only a small amount of additional investment and without additional labor and equipment input.

**KEYWORDS** assembly line; productive efficiency; operation balance rate