

文章编号:1007-5429(2006)02-0109-03

SMT 生产线平衡的持续改善方析

兰秀菊, 陈 勇, 汤洪涛

(浙江工业大学 工业工程研究所, 浙江 杭州 310032)

摘要: 在分析生产线平衡原理及改善方法基础上, 以计算机主板生产线的 SMT 段为研究对象, 以作业测定为依据, 结合生产线实际问题进行了系统分析, 提出了可行的持续改进方案, 并对改进前后的方案进行对比分析, 达到了提升产能、优化生产线的目的, 实际效果明显。

关键词: 生产线; 作业测定; 产能; 平衡; 工业工程

中图分类号: F406.2

文献标识码: A

Balancing and Continuous Improvement of SMT Production Line

LAN Xiu-ju, CHEN Yong, TANG Hong-tao

(Institute of Industrial Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China)

Abstract: Based on the analysis of principle of production line balancing, this paper makes SMT production line of main board as studying object and analyzes the main factors which have effect on the line balancing. According to the production line problem in this paper, the improving solution is give with the work measurement. So the capability is promoted and the production line is improved. It proves that the improvement is obvious.

Key words: production line; work measurement; capability; balance

1 引言

生产线平衡提高产能是一个持续的过程。大量世界级的 IT 制造厂商将其全球制造基地转移至上海、苏州、杭州等地区。主板(main board, 简称 MB)虽然是一个非常成熟的产业, 但是其新生产基地成立时间较短, 不可能完全复制母公司的生产方式, 这时非常需要工业工程师们做出不断的改善, 以达到提升产能、降低成本、保证品质的目标^[1,2]。主板制造皆采用流水线生产方式, 进行生产线平衡与改善, 对提高产能、降低成本具有重要意义。

2 生产线平衡原理与改善方法

由于现代的流水线生产以机械输送带流动为主, 机械输送的速度也应与生产速度相适应, 即有相同的节拍时间(Cycle Time, CT)、生产计划及工序作业时间应相适应, 若各工序的作业时间相差太大, 就会造成作业工序短的工序出现等待现象, 其间存在效率损失。当工序之间的作业时间差距很小, 生产中等待的时间很少, 这时生产效率最高, 生产线处

于平衡状态。

通过生产线平衡分析, 以期达到以下目的: (1) 缩短每一个工序的作业时间, 提高单位时间的产量; (2) 减少工序之间的预备时间; (3) 消除生产线中的瓶颈、阻滞和不匀等现象; (4) 改善制造方法, 使它适宜于新的流水作业。

在平衡生产线时, 采用 5W1H 提问技术和 ECRS 分析原则进行作业改善。对于耗时较长的工序, 可采取措施为: (1) 分割作业, 移一部分到耗时较短的工序; (2) 利用工具或机械, 改善作业缩短工时; (3) 提高机械效率; (4) 增加作业人员; (5) 提高作业人员效率或机能。对于耗时较短的作业, 可以采取的措施为: (1) 分割作业, 填充到其他耗时短的工序, 取消本工序; (2) 从耗时长长的工序移一部分作业过来; (3) 把耗时短的工序合并。

3 SMT 段生产线平衡分析

图 1 是主板的制造流程, 主要分为 SMT 和 DIP 二段。在 SMT 段中, DEK 为锡膏印刷机, 在印刷电路板上需用 SMT 置件位置处刷上锡膏; CP 为高速

收稿日期: 2004-12-27; 修回日期: 2006-01-12

作者简介: 兰秀菊(1971-), 女, 河北沧州人, 讲师, 主要研究方向为工业工程。

置件机,将体积较小的卷带零件置于 PCB 板相应位置;QP 为泛用置件机,将较大体积的零件置于 PCB 板相应位置;REFLOW 为回焊炉,置件完毕的 PCB 板加热,令锡膏融化后再凝固;AOI 为自动光学检测仪,检查 SMT 制程置件位置的准确性及锡膏印刷的质量;ICT 为在线测试,分别对 PCB 板上的某个零件或某段电路进行带电测试。

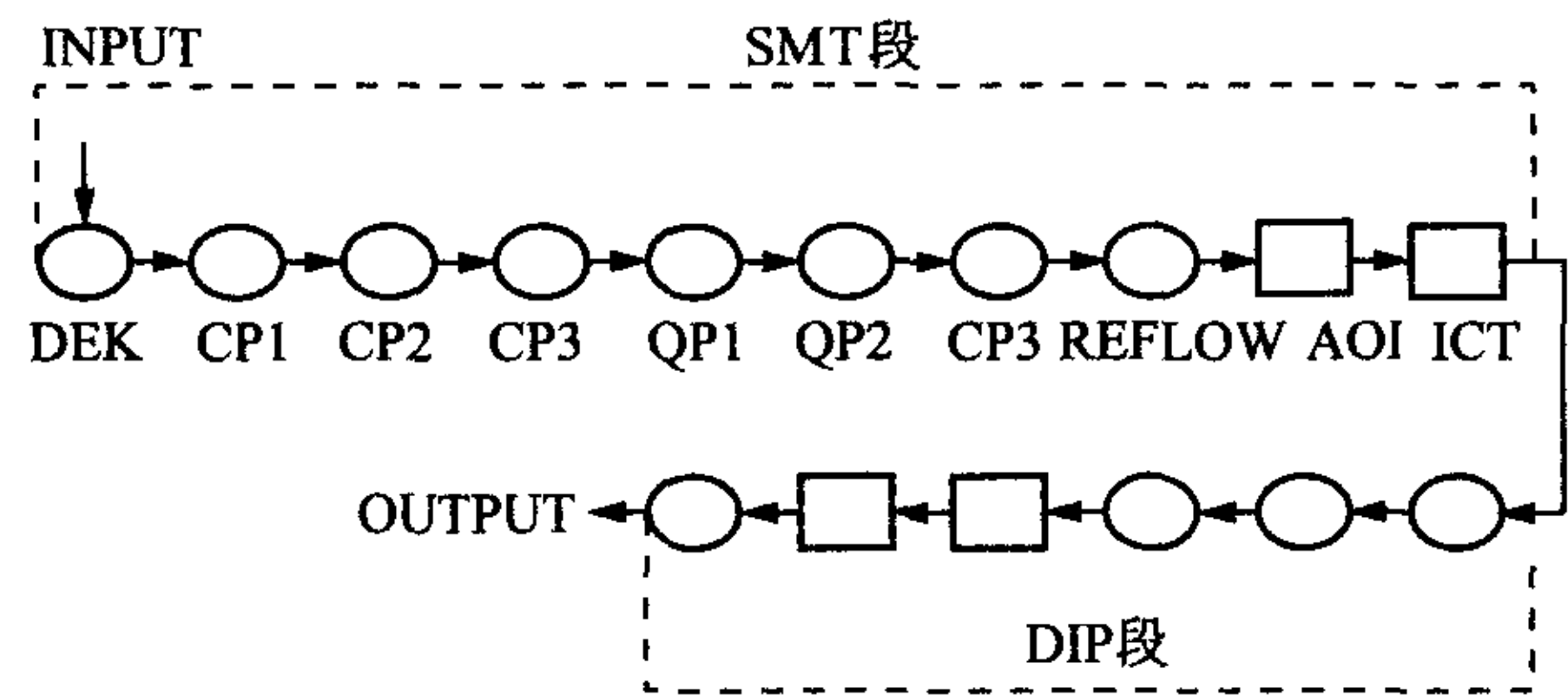


图 1 主板制造流程

由于 SMT 的产能决定了整条生产线的产能,而 SMT 的产能又是由其瓶颈位元的 CT 决定的。所以设法降低 SMT 瓶颈的 CT,提高 SMT 段的平衡率,对整条生产线的产能提升具有重大意义。

3.1 SMT 的作业测定

经过多次测定取各工序的实际作业时间的平均值(表 1 所示),并由此绘制作业负荷图(图 2 所示)。

表 1 改进前各工序实际作业测定(s)

	DEK	CP1	CP2	CP3	QP1	QP2	QP3	AOI	ICT
个数	250	280	216	13	12	7			
CT	19.68	29.39	27.25	30.96	21.15	21.17	23.17	27.03	16.85

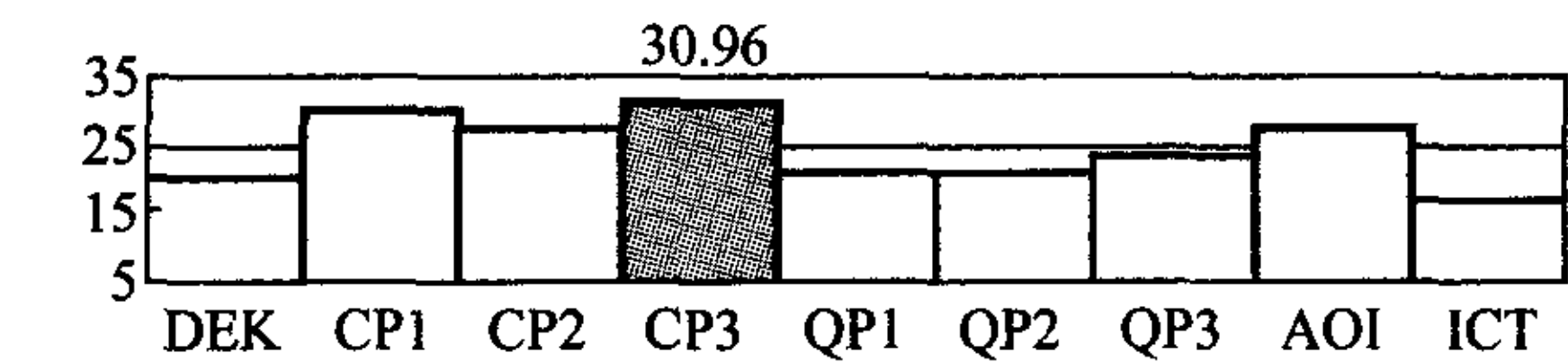


图 2 改善前负荷分布

3.2 产线负荷分析

生产不平衡损失时间为:

$$T = \sum (T_{max} - T_i) = 57.77s$$

平衡率=各工序作业时间合计/(最长作业时间×总共序数)=180.1/[30.96×7]=83.1%

生产不平衡损失率=1-平衡率=1-83.1%=16.9%

生产不平衡损失时间为 57.77s,平衡率为 83.1%,生产不平衡损失率为 16.9%。

因此,该生产线存在较大的改进空间,同时确定瓶颈工序为 CP3。

4 SMT 段生产线平衡持续改善方案

4.1 第一次改善

整段 SMT 的瓶颈在 CP3(30.96s),而 QP 的 CT 普遍偏小,考虑将零件的分配做一下调整。由于 CP3 是整段的瓶颈,因此将 CP3 的一个大排阻和三颗大电容分别调整到 QP1 和 QP2 去打(QP3 的吸嘴比较大,专门用来打 BGA,无法分配小颗零件)。

表 2 为测量各工序的实际作业时间,图 3 为改善后的负荷分布图。改善后计算平衡率为 91.7%,生产不平衡损失率为 8.3%。

表 2 第一次改善后作业时间测定(s)

	DEK	CP1	CP2	CP3	QP1	QP2	QP3	AOI	ICT
个数	250	280	212	14	15	7			
CT	19.68	28.45	27.30	28.82	25.34	25.44	23.14	26.44	16.85

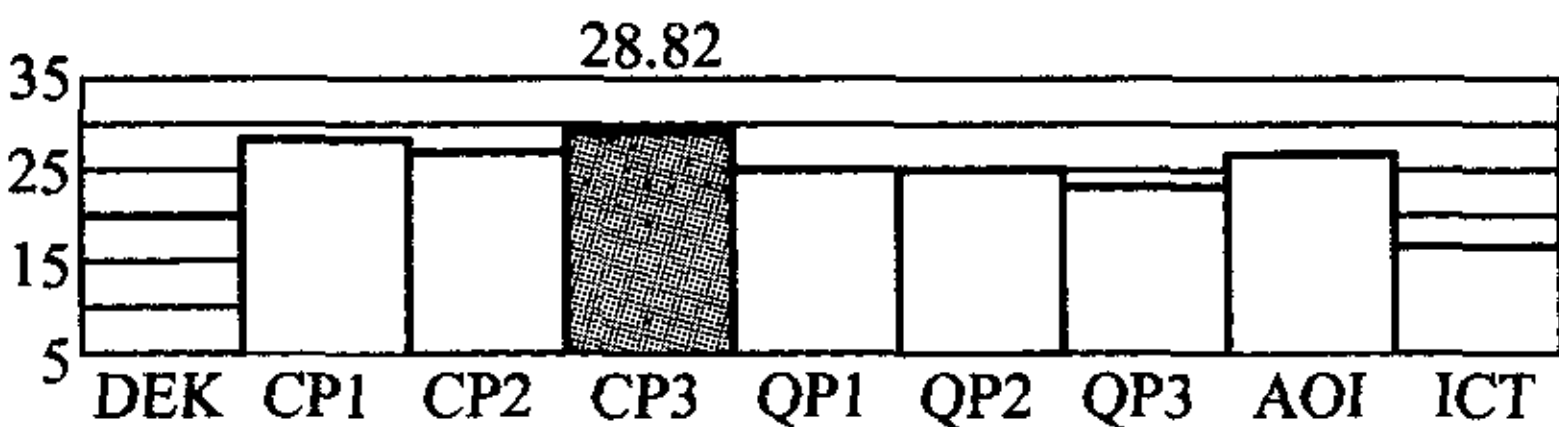


图 3 第一次改善后的负荷分布

4.2 第二次改善

经过第一次改善后 SMT 生产线平衡率已经有所改善,产能也得到提升,但是发现经过初次调整的瓶颈位元依然落在 CP3(28.82s),因此再通过零件的调整来设法降低瓶颈位元的 CT。对部分零件再次做出调整,将 CP1 的 3 颗电阻移至 CP3,再将 CP3 的一颗 IC 移至 QP1。

表 3 为测量各工序的实际作业时间,图 4 为流动作业图。改善后计算平衡率为 94.5%,生产不平衡损失率为 5.5%。

表 3 第二次改善后作业时间测定

	DEK	CP1	CP2	CP3	QP1	QP2	QP3	AOI	ICT
个数	247	280	214	15	15	7			
CT	19.68	28.00	27.30	27.27	27.54	25.44	23.14	26.44	16.85

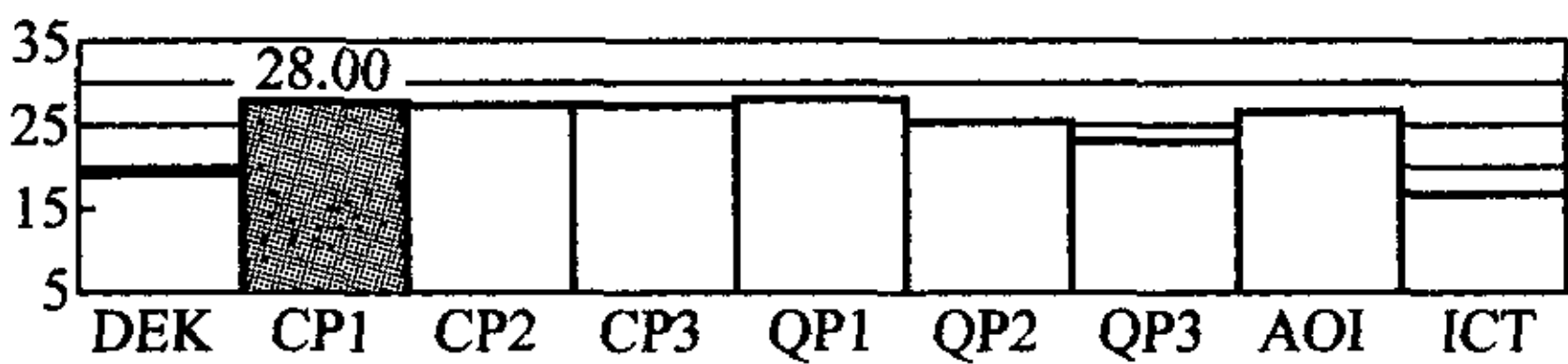


图 4 第二次改善后的负荷分布

4.3 第三次改善

降低了瓶颈位元的 CT, 瓶颈位元已经转移至 CP1, 同时引发了一个新问题: 由于 QP 机是单 TABLE 生产, 需要停机换料; 而 CP 机是双 TABLE 生产, 无须停机换料, 为防止 QP 换料时会引起前面 CP 停机问题的发生, 在 CP3 与 QP1 之间设置了一 BUFFER 以进行缓冲。由于此步改善后 QP1 的 CT 已经达到了 27.54s, 其值与 CP1 的 CT 28.00s 几乎相等, 那么, 当 QP 停机换料时在 BUFFER 中暂存的板子无法在随后正常生产时被 QP 消耗, 导致 BUFFER 空间无法释放, 失去缓冲作用, 最终导致 QP1 某些时刻成为实际瓶颈。经过对生产线的分析, 确定影响因素是 BUFFER 的进板方式。

将 BUFFER 的出板流程做如下修改: BUFFER 出板后, 等待进板, 进板后马上调整高度至下一片出板处, 但若等待 13s 还未有进板, 则自动调整高度至下一片出板处, 待 QP1 置件结束后出板。

表 4 为测量各工序的实际作业时间, 图 5 为流动作业图。改善后计算平衡率为 93.3%, 生产不平衡损失率为 6.7%。

表 4 第三次改善后作业时间测定

	DEK	CP1	CP2	CP3	QP1	QP2	QP3	AOI	ICT
个数		247	280	214	15	15	7		
CT	19.68	28.00	27.30	27.27	25.19	25.44	23.14	26.44	16.85

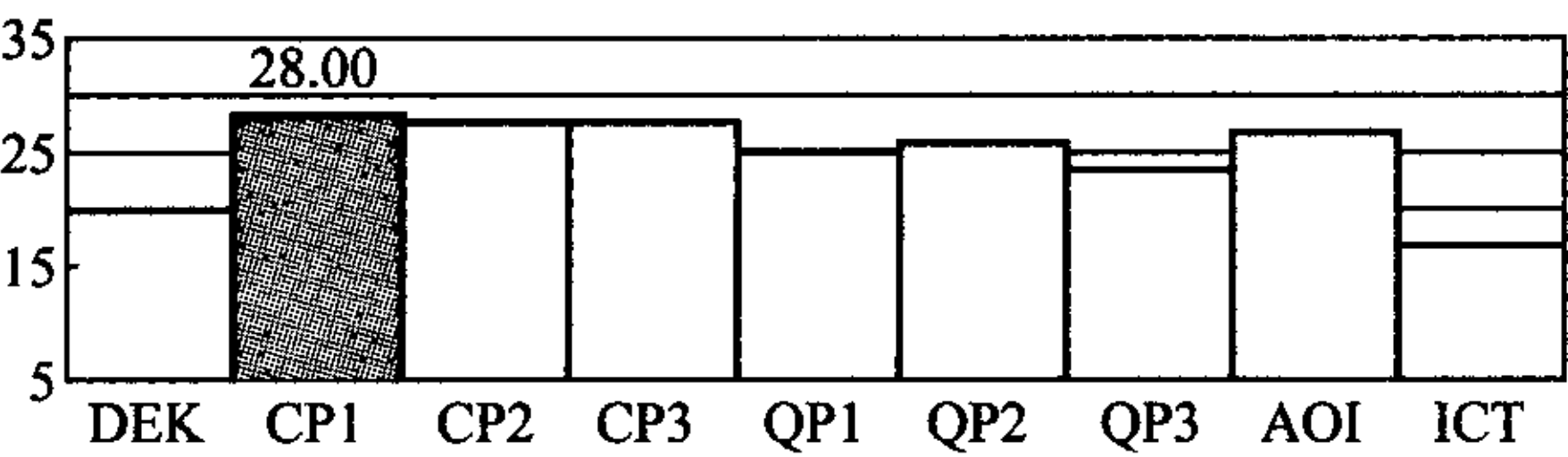


图 5 第三次改善后的负荷分布

5 结束语

经过三次改善, SMT 段改善前后 CT、平衡率
(上接第 108 页)
后, 企业可安排合理的设备和人员能力以提高该工序的生产能力, 从而提高企业的生产效率。

4 结束语

这个案例明确地告诉了我们: 除了宽放基准外, ST 的工作做起来不难, 带来的效益却可能不小, 因为它可帮助清除掉企业中普遍存在的各种形式的无用功和资源浪费。对不少处于困境的国有企业或生

以及产能有了很大的提高, 对比如图 6、图 7 所示。

按节拍计算每天 8 小时不间断的作业时间内, 每天 SMT 段可增产: $(8 \times 60 \times 60 / 28) - (8 \times 60 \times 60 / 30.96) = 97$ 件。

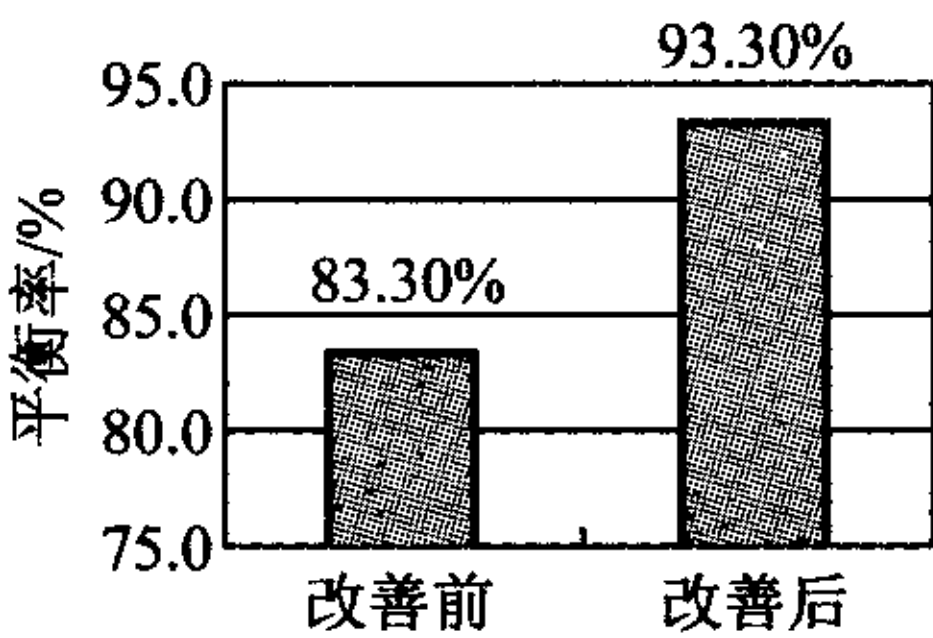


图 6 改善前后平衡率对比图

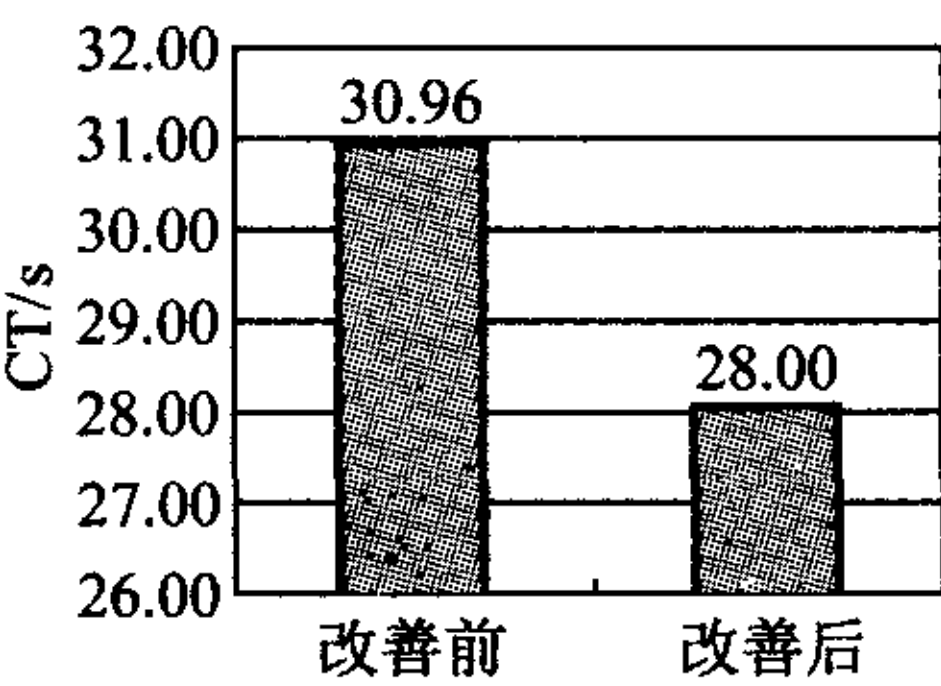


图 7 改善前后 CT 对比图

通过对生产线系统分析与改善, 达到了提升产能, 改善瓶颈的目的。IE 方法秉持的是一种思维方式, 是精致细微的科学, 讲究深入现场, 获得原始数据, 详细解析事件的细节, 建立起有序解决问题的方法体系。无论是作业测定、方法研究和物流分析, 还是 IE 七大手法都只是一种工具, IE 工程师关键是要具备不断改善的意识, 永远拥有追求合理性标准化的欲望, 整体优化的观念, 适应生产的动态性特征, 应用 IE 相关理论是生产线改善的最佳途径。

参考文献:

[1] 周密. IE 方法实战精解[M]. 广东: 广东经济出版社, 2003: 12—15.
[2] 鲜飞. 提高 SMT 设备生产效率方法的研究[J]. 表面贴装技术, 2003(1): 11—15.
[3] 孙林岩. 人因工程[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001: 45—48.

产效率不太高的企业来说, 通过 ST 工作将生产资源创造价值的功能充分发挥出来, 显然很有意义。因为历史原因, 国有企业中几乎没有工业工程师的设岗, 在经营机制上形成了严重的先天性缺陷, 开展 ST 工作还可在一定程度上弥补国有企业的这种严重缺陷, 提高企业竞争力。

参考文献:

[1] Meyers F E. Motion and Time Study: for Lean Manufacturing [M]. 2nd ed. R. R. Donnelley & Sons Company, 1999.