

工作研究在断路器装配线平衡中的应用

周秉超，章金红，史文浩，潘林峰

(温州大学机电工程学院，浙江温州 325035)

1 引言

面对金融危机、劳动法实施、土地价格飞涨等因素影响，大多数的中小民营电器企业因利润空间急剧缩小，面临前所未有的生存挑战。如何应对挑战？创新是关键。技术创新无疑是企业摆脱困境的最有效方法之一，但是对于绝大多数企业来说，通过建立自己的研发中心，开发具有独立知识产权的产品，既缺乏雄厚资金的支持，又无必要的人才资源依托，心有余而力不足。而通过管理创新，变粗放管理模式为精益生产模式，充分利用企业现有的资源，低成本(Cost)、高质量(Quality)、短交货期(Delivery)把产品交付到客户手中，是企业摆脱困境、在激烈的市场竞争中获得生存优势的一个行之有效的方法。工作研究(Work Study)，集成了泰勒的时间研究(Time Study)与吉尔布雷斯夫妇的动作研究(Motion Study)，目前被公认为是杜绝各种浪费、挖掘内部潜力、有效提高生产效率和效益、增强企业竞争能力的一门实用技术。

2009年2月的统计数据显示，温州有电器企业2000家，从业人员20多万，生产100多个系列6000多个品种以及2万多种规格的电器产品，低压电器产品占全国总量的60%。通过调研某民营电器公司的断路器组装车间，发现装配线上存在明显的在制品堆积，操作工人有的紧张忙碌，有的不时等待，而且经常出现产品交货不及时、产量不能满足生产要求等问题。因此本文以提高生产率和产量为目标，运用工作研究的原理和方法对装配线进行了一系列分析与改善。首先运用程序分析方法界定了断路器的生产工艺；其次运用秒表测时技术测定了装配线7个主要工位的标准作业时间，识别出了瓶颈工序的位置；最后运用作业方法分析与工序重排实现了持续的二次改善，缩短了装配线的生产节拍，提高了装配线平衡率和产量。

2 断路器装配线生产现状调查

2.1 生产布局

本研究选择了占断路器生产车间80%产量的塑料外壳式断路器生产线作为研究对象。该生产线全长20米，共有员工10人，其中负责断路器整体装配的6人，检验的1人，其余3人负责最后的封装打包。生产线核定产量为每天500~600个之间，员工统一以计件形式结算工资。因此，如何提高生产率以增加工资是管理人员和员工都迫切想解决的问题。调研得到的装配线平面布局示意图如图1所示。

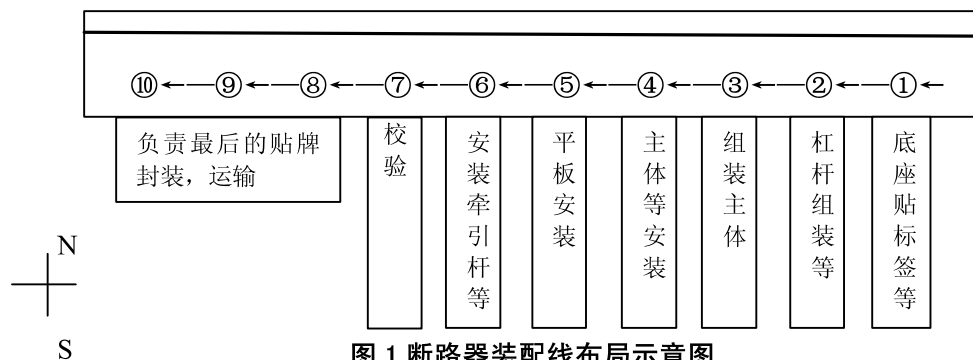


图1 断路器装配线布局示意图

2.2 生产工艺流程图

为了对装配线进行改善，必须明确装配线上各个工位的作业单元，作业内容及作业的先后次序，于是运用工艺程序分析方法对断路器的装配工艺进行分析。首先调研断路器的装配程序，然后采用规范的作图方法绘制断路器的生产工艺程序图，如图 2 所示。

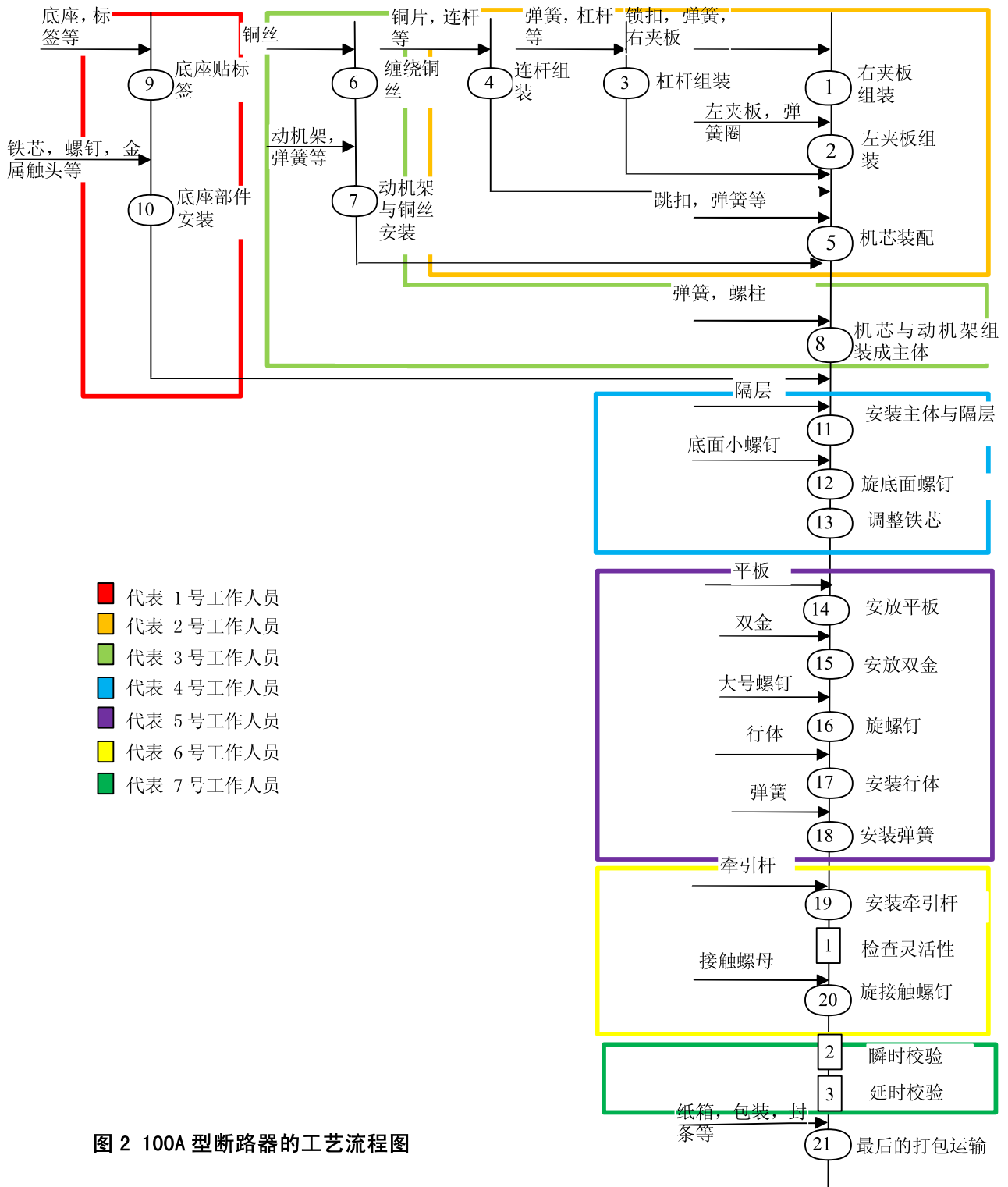
图中符号“○”表示“作业”，“□”表示“检查，检验”，符号中的阿拉伯数字表示整个装配程序中相应的作业次数或检验次数。从图 2 可以很清晰地看出，断路器的装配过程中，共有 21 次作业，3 次检验，是典型的劳动密集型作业。

2.3 运用秒表测时法确定装配线各工位工时

在明确装配线上产品的生产工艺和相应的工位之后，将各个工位的作业分解成可测量的作业单元，对作业单元按照秒表测时的规范方法进行测时。本研究采用了连续秒表测时法，首先对装配线 7 个主要工位（暂未考虑工位⑦，⑧和⑨的贴牌封装，运输环节）的作业试观测 10 次。然后根据观测数据，运用 d2 值法计算每个作业单元的观测次数，取最大作业单元的观测次数进行观测。再次运用三倍标准差法剔除观测数据中的异常值，得到各作业单元的平均值。最后考虑评比和宽放，按照 $ST = \text{平均作业时间} \times \text{评比系数} \times (1 + \text{宽放率})$ 计算得到各个工位的总工时，如表 1 所示。根据企业实际情况，确定评比系数为 8%，宽放率为 10%。

表 1 生产线各工位测定单元与作业时间测定表

工位	作业单元	单元工时 (S)	工位总工时 (S)	工位	作业单元	单元工时 (S)	工位总工 时 (S)		
1 号工位	①底座贴标签	5.89	38.55	2 号工位	①杠杆安装	6.42	48.25		
	②底座部件安装	32.66			②连杆组装	7.19			
					③右夹板组装	8.92			
					④左夹板组装	7.26			
					⑤机芯装配	18.4			
3 号工位	①绕铜丝	1.64	33.44	4 号工位	①安装主体与隔层	9.29	47.69		
	②动机架与铜丝安装	24.10			②旋地面螺钉	34.54			
	③动机架与机芯装配成主体	7.70			③调整铁芯	3.86			
5 号工位	①安装平板	2.715	61.52	6 号工位	①安装牵引杆	16.83	34.89		
	②安装双金	20.285			②检查灵活性	8.10			
	③旋螺钉	18.534						③旋接触螺钉	9.96
	④安装行体	8.14							
	⑤安装弹簧	11.845							
7 号工位	①瞬时校验	13.28	33.39						
	②延时校验	17.11							



2.4 生产线平衡现状

根据表 1 的数据，计算装配线的平衡率为：

$$\text{平衡率} = \frac{\sum_{i=1}^m T_i}{s_i * CT} * 100\% = \frac{294.67}{61.52 * 7} = 68.4\%$$

式中， T_i 指各个工位的工时， s_i 指工位的个数，CT (Cycle Time) 指生产线上最长的作业时间。

根据平衡率，可计算得到：

平衡损失率=1-平衡率=1-68.4%=31.6%，大于 30%。

生产不平衡的损失时间：

$$T = \sum_{i=1}^7 (T_{\max} - T_i) = \sum_{i=1}^7 (61.52 - T_i) = 13596$$

计算每日的产量为：

$$P_1 = \frac{\text{总工时}}{\text{生产周期}} = \frac{8 \times 60 \times 60}{61.52} = 468 \text{ 个}, \text{ 小于企业核定产量的最小值 } 500。$$

根据生产线各工位工时绘制山积图，如图 3 所示，可以很直观地发现工位工时极不均衡，如工位 5 的工时几乎是工位 7 的两倍。由此可以认为该生产线“存在人为平衡生产线的因素，但并没有解决一些深层次问题”。

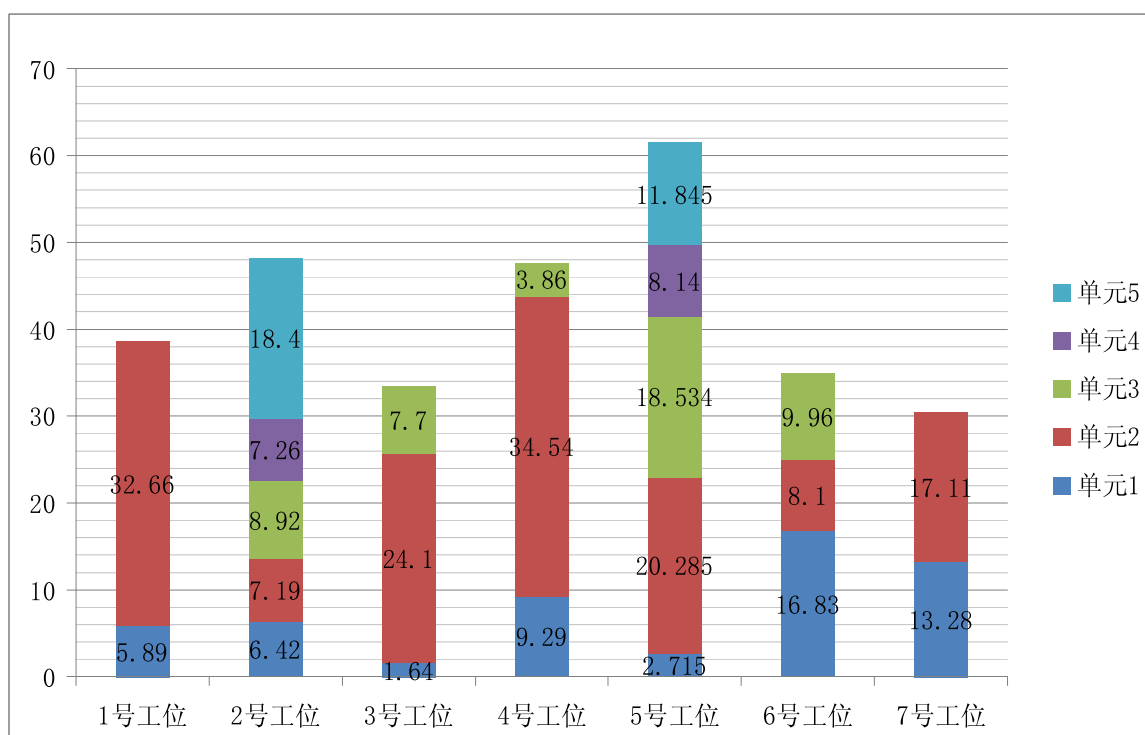


图 3 断路器装配线作业工时山积图（改善前） 单位：s（秒）

3 改善方案设计与实施

根据约束理论和生产线平衡理论，生产线平衡的关键是缩短瓶颈工位的工时或者平衡生产线各工位工时使其趋于一致。针对断路器装配线的平衡现状，提出改善方向为：①在满足装配线各工位作业顺序约束条件下，重排各工位的作业内容，实现各工位作业工时的基本一致，消除瓶颈，如可考虑将工位 5 的作业内容分担一些给工位 3 或者工位 6；②对瓶颈工位进行作业方法改善，提高作业效率，缩短工时；③结合作业方法改善与工序重排，提高生产线平衡率。

3.1 作业方法改善

本研究按照方向 3 进行初步改善，首先进行作业方法改善。根据图 3 的山积图，提出作业方法改善的重点为工时较长的 5 号、2 号与 4 号三个工位。

通过作业现场的细致观察，发现装配线上这三个工位都不同程度地存在动作不规范，浪费等现象，但 4 号工位的旋底面螺钉作业单元和 5 号工位的安装双金及螺钉作业单元的问题比较突出，因此运用双手作业分析和动作经济原则分析寻求改善方案。

3.1.1 4号工位分析和改善

4号工位的旋底面螺钉工序作业单元目前的工时为34.54S，作业周期比较长。

运用双手作业分析、动作分析和动作经济原则分析，发现此工位目前存在的主要问题为：①装配螺钉使用的电动起子平放在操作台上，因操作台上物料多，摆放位置不固定，每次使用都需要“寻找”、“发现”，“预置”等辅助动作，比较费时；②装配使用的大螺钉，铁压圈，钢压圈，短螺钉等多种物料直接散放在操作台上，在装配过程中出现“选择”、“等待”等辅助、无效动作，降低效率；③物料摆放位置偏远，上道工序组装完成的断路器底座摆放在“最大作业范围”之外，每次拿放都很费力，费时。

针对这些问题，运用5W1H（Who, When, Where, What, Why, How）提问技术和ECRS（取消、合并、重排、简化）改善原则制定相应的改善方案为：①将电动起子用“伸缩绳”悬挂在操作员左前方30CM的地方。②采用小批量转运装配使用物料，缩减其数量，然后使用频率将不同物料箱的物料以扇形格局摆放在“正常作业范围之内”。

按照以上改善方法，4号工位操作人员的总作业数比原来减少，左右手实现了较好的平衡，作业周期时间减少。等工人操作熟练之后，运用秒表测时法测定该工序的作业时间为25.30s，比原来的35.54s，快了28%，效果非常明显。

3.1.2 5号工位分析和改善

通过多次观测，发现5号工位的安装双金及螺钉作业单元需要安装包括双金，大螺钉，小螺钉，大钢圈，小钢圈，大线圈和小线圈等多种物料，装配中存在非常多的重复作业。运用双手作业分析和动作经济原则分析，发现存在的主要问题为：①物料摆放非常不合理，如大螺钉摆放在工人的M5范围内，行体等物料摆放在M4范围；②电动起子与工位4一样，平放在桌面上，这既不利于工人抓取，也会影响工人在抓取平板时的视野，有时甚至还会发生从桌面上滚落的现象；③工作台偏高，操作人员拿取物料，装配都比较费力。

与工位4相似，经过分析，提出以下改善方法：①改善物料布局，物料从左至右按平板→双金/行体、弹簧（二层）→大螺钉→小螺钉→双金→平板依次放置在半圆型的正常作业范围之内。②将电动起子用“伸缩绳”悬挂在螺丝盒的上方，实现预定位，降低动作级别。③调整座位的高度，使工人做在工作椅上且上臂自然放松时肘关节的高度与工作台的高度相等。

改善的作业方法，降低了原来的动作级别，减轻了操作工人的疲劳度。测量操作工人在熟练之后的工时，安装双金和螺钉工序工时分别减少了4.39s。改善后的4号工位和5号工位分别用“4'”和“5'”表示，则改善后各个工位的工时山积图如图4所示。

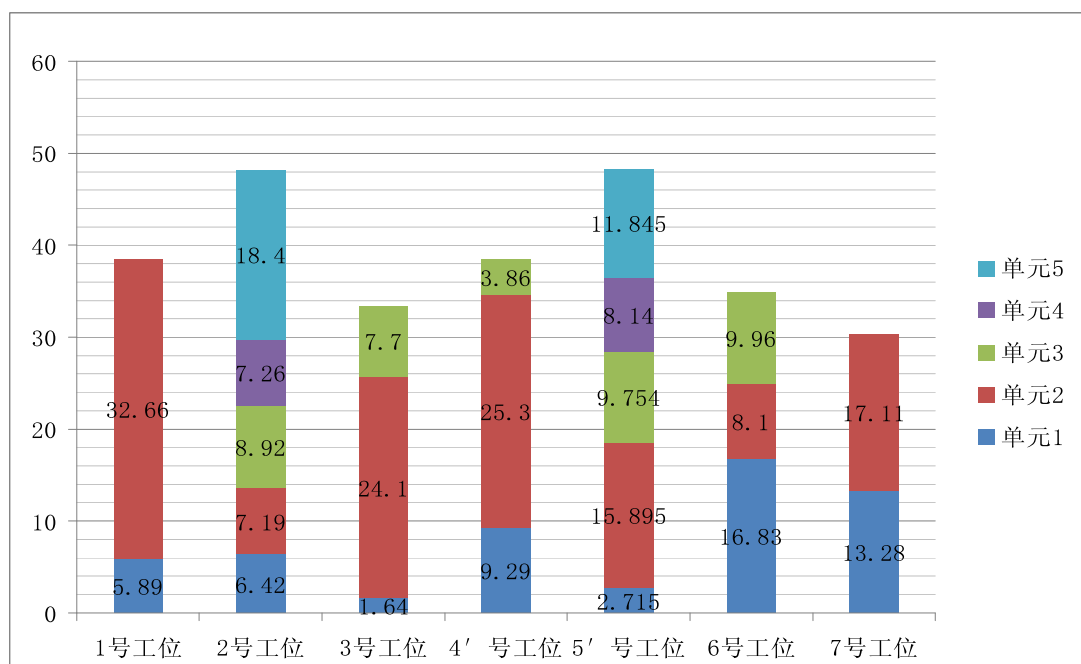


图4 作业方法改善后的工位工时山积图 单位：S（秒）

从图4可以看出，由于工位4与工位5的方法改善，生产周期发生了变化，改进后的生产线平衡率和不平衡率分别为：

$$\text{平衡率} = \frac{\sum_{i=1}^m T_i}{s_i * CT} * 100\% = \frac{272.26}{48.35 * 7} = 80.4\% \quad \text{生产不平衡率} = 1 - \text{平衡率} = 1 - 80.4\% = 19.6\%$$

生产不平衡损失时间为：

$$T = \sum_{i=1}^7 (T_{\max} - T_i) = \sum_{i=1}^7 (48.35 - T_i) = 66.18s$$

通过作业方法改善，该生产线的生产平衡率由原来的69.13%提高到80.4%，有了相当大的提高，基本实现了“一个流”生产。

但从图4可以看出，尽管作业方法改进使得各工位工时差异变小，但是依然存在差异，于是提出通过对工序内容进行重排实现改善。工序重排作为生产线平衡的一种方式，关键是明确各个作业单元之间的顺序约束。根据前文提出的生产工艺图，考虑现实的约束，提出以下重排方案：

- (1) 将2号工位的连杆组装作业单元调整到1号工位。
- (2) 将4'号工位的第一个作业安装主体与隔层1重新分配给3号工位。
- (3) 将5'号工位的平板安装以及安装行体作业单元重新分配给4'号工位。

这样，作业方法改善至上的工序重排后装配线平衡率和不平衡率如下：

$$\text{平衡率} = \frac{\sum_{i=1}^m T_i}{s_i * CT} * 100\% = \frac{272.26}{45.74 * 7} = 85\%$$

生产不平衡率 = 1 - 平衡率 = 1 - 85% = 15%

生产不平衡损失时间为：

$$T = \sum_{i=1}^7 (T_{\max} - T_i) = \sum_{i=1}^7 (45.74 - T_i) = 47.92s$$

对应的装配线各工序工时山积图如图 5 所示。

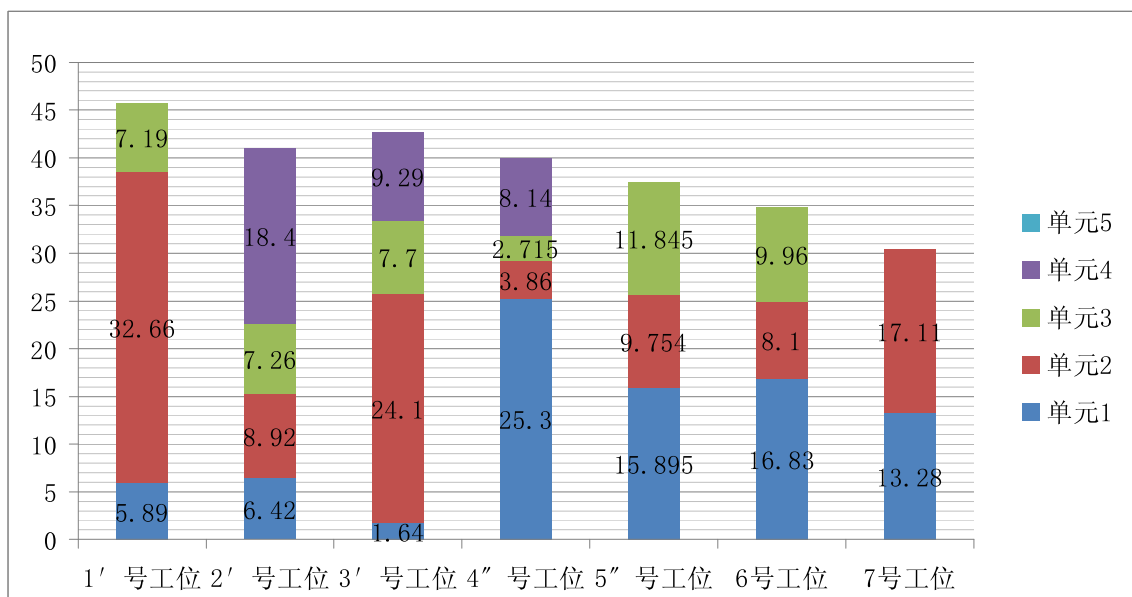


图 5 作业方法改善与工序重排后的工序工时山积图 单位：S（秒）

这次改善之后，1'号工位成了整条装配线的瓶颈工序，而7号工位的闲余时间最多。7号工位为检查工序，不适合与其他工序合并，所以后续改善应该考虑缩减装配生产线的生产节拍，通过重新设置工位数量等提高装配线的平衡率。

二次改善之后，断路器装配线的产量为：

$$P_2 = \frac{\text{总工时}}{\text{生产周期}} = \frac{8 * 60 * 60}{45.74} = 630 \text{ 个}$$

$$\text{产量提高率} = \frac{630 - 468}{468} * 100\% = 34.6\%$$

与之前相比，平衡率由原来的 68.4% 提高到 85%，提高了 16.6%；日产量由原来的 468 增加到 630，提高了 34.6%，已经超出了车间核定产量的上限。

以上分析应用过程说明装配线平衡的改善是一个持续的过程。如本研究中，装配线目前的平衡率为 85%，还可以继续通过工位重新设置，工作研究的更深入应用等进一步改善。

4 结论

本文以温州某电器企业的断路器组装车间生产线为研究对象，运用工作研究的方法对生产线进行了分析改善，实施效果为平衡率提高了 16.6%，产量提高了 34.6%。但实际所运用的方法非常简单，很容易在其他企业分享，进行类似的改善。工作研究在民营电器企业的应用，必将推动电器企业的发展壮大。

全国迷你型MBA职业经理双证班

- 学习方式：全国招生 函授学习 权威双证 国际互认
- 认证项目：注册职业经理、人力资源总监、品质经理、生产经理、营销策划师、物流经理、项目经理、企业管理咨询师、企业总经理、营销经理、财务总监、酒店经理、企业培训师、采购经理、IE工业工程师、医院管理、行政总监、市场总监等高级资格认证。
- 颁发双证：高级注册 经理资格证+MBA研修证+人才测评证+全套学籍档案
- 收费标准：仅收取**1280元** 招生网址：www.mhjy.net
- 报名电话：**13684609885 0451—88342620**
- 咨询邮箱：xchy007@163.com 咨询教师：王海涛
- 学校地址：哈尔滨市道外区南马路**120**号职工大学（美华教育）



美华论坛
www.mhjy.net

- 颁证单位：中国经济管理大学
- 主办单位：美华管理人才学校

全国职业经理MBA双证班

精品课程 火热招生

函授学习 权威双证 全国招生 请速充电



- 近千本**MBA**职业经理教程免费下载
- -----请速登陆: www.mhjy.net