

内 容 摘 要

生产线平衡就是对生产的全部工序进行平均化，调整各作业负荷，以使各作业时间尽可能相近，是生产流程改善和作业标准化必须考虑的最重要的问题。

诺贝尔瓷砖的生产线虽然经过了不断优化设计，已经基本流畅，但是仍然存在一些问题。比如作业分工过细，造成作业分工不均衡，作业分配不合理；有些工序还存在停工等活的浪费；现场人员杂乱，存在人员浪费等等。

本文将针对以上问题，研究各工序的作业时间平均化，避免停工等活的浪费，以使生产线能顺畅活动。

具体内容为：根据动作研究，去除不经济的动作，提高作业效率；通过时间研究对现状况进行分析；按工序先后顺序，合理地把作业分配给每一个工作地，并使工作地最少；使各工作地空闲时间最少，并且工作地之间负荷均匀，以保证流水线时间损失率最低。

关键词：生产线平衡、工序分析、动作研究、时间研究、瓶颈、ECRS 原则

ABSTRACT

Balanced production line is producing an average of all the processes, and adjust the operation load, so that as far as possible, similar to the operation time is the production process improvement and standardization of operation must be considered the most important issue.

Nobel tile production line after the continuous optimization of the design, have basically been smooth, but there are still some problems. For example, detailed operating division of labor, resulting in the operating division of uneven distribution of unreasonable operation; there are still some processes, such as wood waste suspension; officers mess at the scene, there is a waste of personnel and so on.

This article will address these questions, research the process of operating time on average to avoid the suspension of work as a waste of wood, so that the activities of the production line can be smooth.

The specific content for: In accordance with action research, to remove non-economic action to improve operating efficiency; time to study through an analysis of the current situation; according to the order process, the operation is reasonably allocated to each work, and work to a minimum; so that the working and leisure time at least, and the load being evenly between work, loss of time in order to ensure the lowest line.

KEYWORDS: Production line balancing, process analysis, motion study, time study, the bottleneck, ECRS principles

目 录

第一章 引言	1
第一节 研究背景	1
第二节 研究的意义	1
第三节 研究的思路	2
第二章 生产线平衡研究概述	3
第一节 木桶定律和生产线平衡	3
一、 木桶定律	3
二、 生产线平衡和木桶定律的关系	3
第二节 生产线平衡的定义	3
一、 生产线平衡的定义	3
二、 平衡分析用语	3
第三节 生产线平衡的改善法则（方法）和注意事项	5
一、 平衡改善法则（ECRS 原则）	5
二、 工序分析	5
三、 动作分析	5
四、 时间研究	7
五、 实施平衡改善过程中应注意的事项	8
第四节 生产线平衡改善的要领和步骤	9
一、 平衡分析与要领改善	9
二、 平衡改善的实施步骤	9
第三章 生产线平衡在诺贝尔抛光瓷砖生产线上的应用	11
第一节 诺贝尔公司简介	11
第二节 诺贝尔抛光瓷砖抛光生产线工序分析	11
第三节 对诺贝尔抛光砖生产线的动作分析	12
第四节 对诺贝尔抛光瓷砖抛光生产线的的时间研究	13
第五节 生产线现状分析	14
第六节 生产线平衡改善对策	15
第七节 平衡改善后的效果评价	17
第四章 结束语	19
参考文献	20
致 谢	21

第一章 引言

第一节 研究背景

诺贝尔瓷砖集团有限公司是一家专业生产中高档瓷砖的外资企业，是中国瓷砖领域的先导之一。

随着CPI一路飙升，燃油价格继各种原材料价格不断上扬，人民币不断升值，受到上游原材料、能源、运输等成本上涨的影响，高耗能的瓷砖企业面临着不可避免的成本增加和无法缓和的销售竞争的双重压力。在这种压力下，较之生产中低端瓷砖的企业，生产高端瓷砖的企业，将会占据较大的竞争优势。而与此同时，高端市场也正逐渐成为我国瓷砖消费的热点，国际高端品牌也正不断加快进军中国的步伐，未来两年，高端市场或将成为我国瓷砖市场的竞争热点所在。

物竞天择，适者生存。诺贝尔瓷砖，这个以生产效率和效益最大化为目标的生产高端瓷砖的企业，需要使用工业工程的手法，使生产系统投入的所有要素都得到有效利用，以期达到提高生产率，降低成本，保证质量和安全，获得最佳效益，在市场上占领更大的份额。

在本文中，我们将以提高生产率，减少单件产品的工时消耗，降低成本，提高人均工作效率，提升产品品质等为目的，以诺贝尔A60825K抛光瓷砖的生产线为例进行生产线平衡研究。

第二节 研究的意义

生产线平衡是对生产的全部工序进行平均化、均衡化，调整各工序或工位的作业负荷，以使各工序的作业时间尽可能相近或相等，最终消除各种浪费现象，达到生产效率最大化。

进行生产线平衡可以达到：提高作业人员及设备工装的工作效率；减少单件产品的工时消耗，降低生产成本；减少工序间的在制品，缩小其周转场所；缩短生产周期；消除作业人员等待现象，提升员工士气；提升整体生产能力、生产效率和降低生产现场的各种浪费；稳定和提升产品品质等目的。

通过对诺贝尔瓷砖该抛光生产线平衡的研究，可以使该生产线实现按工序先后顺序，合理地把作业分配给每一个工作地；使每个工作地的作业时间尽量接近节拍，并使工作地最少；使各工作地空闲时间最少，并且工作地之间负荷均匀，以保证流水线时间损失率最低；使流水线平滑指数最小；使员工的积极性更高。

第三节 研究的思路

我们将通过资料查询、现场测量、资料分析整合等方法获得相关数据，然后依据 ECRS 法则，对于不合理、多余的动作或工序给予取消，对于无法取消又是必要的，看是否可以合并以达到省时、简化的目的，经过取消、合并后，可再根据“何人”“何时”“何处”三个提问后进行重排，经过取消、合并、重排后的必要工序，应可以考虑能否采用最简单的方法或设备替代，以节省人力和时间。同时还要参照程序分析的改善方法及动作分析、工装自动化等 IE 方法与手段，对作业进行改善。

可以按以下步骤进行：

首先，了解产品工艺流程和各个工作站的分配情况；

其次，了解、分析生产现状和作业人员的工作情况；

再次，确定生产量，计算生产节拍，对各工作站进行时间测量，将结果进行处理，绘制生产线平衡分析图，找出瓶颈工序；

然后，参照程序分析的改善方法及动作分析、工装自动化等 IE 方法与手段，寻找对瓶颈工序进行作业改善的方法（将瓶颈工序的作业内容分担给其它工序；增加、调换作业人员，或者通过培训提升作业者的技能，以缩短作业时间；合并相关工序，重新排布生产工序，相对来讲在作业内容较多的情况下容易拉平衡；分解作业时间较短的工序，将该工序的工作任务安排到其它工序当中去……）；

最后，对改善结果进行分析、总结与评价。

第二章 生产线平衡研究概述

第一节 木桶定律和生产线平衡

一、木桶定律

一只木桶盛水多少，并不取决于桶壁上最高的那块木板，而恰恰取决于桶壁上最短的那块木板，这一规律我们称之为“木桶定律”。

二、生产线平衡和木桶定律的关系

“生产线平衡”和“木桶定律”很相似。生产线平衡的最大产能不是取决于作业速度最快的工位，而恰恰取决于作业速度最慢的工位，最快与最慢的差距越大，产能损失就越大。

从中很容易发现它们之间的相似之处，即它们都谈到任何一个组织都可能面临的问题：构成组织的各个部分往往是良莠不齐，而决定整个组织水平的往往是最差的部分。对生产企业来说也是如此。

制造现场各个车间或工段之间，彼此的管理水平、产能等往往是不等的，企业现场管理的整体水平并不取决于最优秀的车间单位而是取决于最差的车间单位，企业的整体产出也是取决于最差的车间单位。对于一条生产线来说，其生产量以及生产率的高低也是如此。因此，对一个企业来说，车间或工段之间的均衡生产以及生产线的平衡生产的重要性就不言而喻了。^①

第二节 生产线平衡的定义

一、生产线平衡的定义

生产线平衡就是对生产的全部工序进行平均化、均衡化，调整各作业负荷，以使各作业时间尽可能相近或相等，是生产流程改善和作业标准化必须考虑的最重要的问题。

二、平衡分析用语

(一) 节拍

节拍是指为了在规定时间内完成预定产量，各工序完成单位产品所需的作业时间。计算公式：

节拍=有效出勤时间/生产计划量*(1+不良率)

(二) 传送带速度 CV

^①陈进华.现场效率改善实战手册[M]. 134-135.海天出版社. 2006 年第一版.

传送带速度是指流水线的皮带传递速度。一般情况下，采用以一定的距离做好标记，然后测定其时间，进而得出流水线传送带的实际速度。传送带速度的计算公式：

$$CV = \text{间隔标记距离} / \text{所耗时间}$$

理想的传送带速度的计算公式：

$$CV = \text{间隔标记距离} / \text{节拍时间}$$

因此，在现场生产管理过程中，只要把流水线的皮带速度调成理想的传送带速度即可。

(三) 瓶颈时间

瓶颈时间是指在生产线上所有工序中，作业时间最长的工位或工序所需的作业时间。

(四) 生产线平衡效率

生产线平衡效率是用来衡量生产线平衡状态好坏的管理指标。

生产线平衡效率的计算公式：

$$\text{生产线平衡效率} = \text{生产线上所有工序时间总和} / (\text{瓶颈时间} * \text{工人总数}) * 100\%$$

生产线平衡率越高越好，它的高低直接关系到作业效率的高低。

(五) 生产线平衡损失率

平衡损失率与平衡效率是对立关系，其计算公式为：

$$\text{生产线平衡损失率} = 100\% - \text{平衡效率}$$

(六) 平衡损失时间

平衡损失时间是因各工位作业时间不等所造成的时间损失，而且这些时间是可以消除、避免的，是生产现场的一大工时浪费。

平衡损失时间的计算公式：

$$\text{平衡损失时间} = \sum (\text{瓶颈时间} - \text{工位作业时间})$$

第三节 生产线平衡的改善法则（方法）和注意事项

一、平衡改善法则（ECRS 原则）

表 2-1 ECRS 法则

符号	名称	内容
E	取消 Eliminate	对于不合理、多余的动作或工序给予取消
C	合并 Combine	对于无法取消又是必要的，看是否可以合并达到省时、简化的目的
R	重排 Rearrange	经过取消、合并后，再根据“何人”“何时”“何处”三个提问后进行重排
S	简化 Simplify	经过取消、合并、重排后的必要工序，应可以考虑能否采用最简单的方法或设备替代，以节省人力和时间

二、工序分析

在工厂里，原材料按照一定的顺序进行各种加工，最终形成产品上市。在这个过程中，包括加工、搬运、质量和数量的检验、贮藏、甚至待工、搁置等作业。这种产品生产过程称之为“工序”。工序分析是工序管理、作业编制等基础资料的必要手法。

在工序分析中，工序流程是用规定的符号来描述的。使用符号表示，可以使问题（例如停工等活太多、搬运次数太多等）更加明朗，更容易发现改善的重点。

在 JIS（日本工业规格）Z8026 中，对工序图记号进行了“基本图符号”和“补助图符号”的分类。我们常用的都是基本图符号。基本图记号是为了表示主要工序的记号，分为加工、搬运、贮藏、滞留、数量检查以及质量检查等各类记号，其具体内容如“表 2-2 工序分析基本图符号”所示。

三、动作分析

（一）动作分析的定义和目的

动作分析是对人的作业动作进行细微分析，去除各种不科学的、笨拙的和无效的浪费，制定出轻松、省时、安全、高效率的动作序列，以形成最经济有效地动作作业的一种分析技术。

动作分析的实质是研究分析人在进行各种操作时的细微动作，删除无效动作，使得操作简单有效，以提高工作效率。

动作分析的目的：发现操作人员的无效动作或浪费现象，简化操作方法，减少工作疲劳，降低劳动强度。^②

^②白东哲、生产系统现场工作研究、第 118 页，机械工业出版社 2004 年第 1 版

表 2-2 工序分析基本图符号

序号	主要工序	记号名称	记号	意思	备注
1	加工	加工	○	使原材料、零部件或产品的形状、性质进行改变的过程	
2	搬运	搬运	➡	使原材料、零部件或产品的位置进行改变的过程，搬运记号的直径是加工极好的 1/2~1/3，也可以用 0 记号表示。并不表示搬运的方向。	
3	停滞	贮藏	▽	将原材料、零部件或产品按照计划贮藏的过程	
4		滞留	D	原材料、零部件或产品未能按照计划进行而处于滞留状态	
5	检查	数量检查	□	对原材料、零部件或产品的数量进行核算，将结果和标准要求相比较，判别差异的过程	
6		质量检查	◇	检验原材料、零部件或产品的品质特性，并将结果和标准要求相比较，判定批量的合格率和单个体的优劣	

(二) 动作经济原则

动作经济原则是通过通过对人体动作能力的研究，创立一系列能发挥人的能力的动作原则。动作经济原则是由吉尔布雷斯首创，后经许多学者研究改进，确立了三大类 22 项原则，即以身体活动最适宜的动作作为基本出发点，表示作业时人体功能有效利用的动作方法及身体使用原则；作业区合理设计布置原则；从人体工效学的观点对工艺装备等的设计原则。

1. 关于人体的运用原则

- (1) 双手应同时开始并同时完成其动作。
- (2) 除规定的休息时间外，双手不应同时空闲。
- (3) 双臂的动作应该对称、反向并同时进行。
- (4) 手的动作应尽量以低的等级，而能得到满意的结果。
- (5) 尽量利用物体的惯性、重力等，如需用体力加以阻止时，应将其减至最小程度。
- (6) 连续的曲线运动，比方向突变的直线运动为佳。
- (7) 弹道式的运动，较受限制或受控制的运动轻快自如。
- (8) 建立轻松自然地动作节奏，可使动作流利、自然。

2. 关于工作地布置原则

- (1) 工具物料应该放在固定位置，使作业者形成习惯，可用较短时间取到。
- (2) 工具物料及装置应布置在作业者前面附近。
- (3) 运用各种方法使物料自动达到作业者身边。
- (4) 工具物料应按最佳工作顺序排列。
- (5) 应尽量利用“坠送”方法。

- (6)应有适当的照明设备，使视觉舒适。
- (7)工作台和座椅的高度，应保证工作者坐立适宜。
- (8)工作椅的式样和高度应使作业者保持良好的姿势。

3. 关于工具、设备的设计原则

- (1)尽量解除手的工作，用夹具或脚踏工具代替。
- (2)可能时，应将两种工具合并成一种多功能的工具。
- (3)工具物料应尽可能预先放在工作位置上。
- (4)手指分别工作时，其各指负荷应按照其本能予以分配。
- (5)设计手柄时，应尽可能增大与手的接触面。
- (6)机器上的杠杆、手轮及其他操作件的位置，应能使工作者极少变动姿势，且能最大的利用机械力。^③

四、 时间研究

(一)时间研究的定义

时间研究也称秒表研究，是以秒表为工具，在一段时间内，连续不断地直接测定某一作业操作者作业的一种作业测定技术，旨在决定一位合格适当训练有素的操作者，在标准状态下，对一特定的工作以正常的速度操作所需要的时间。

(二)时间研究的用途

- 1. 决定工作时间标准，并用以控制人工成本。
- 2. 制定标准时间作为资金制度的依据。
- 3. 决定工作日程及工作计划。
- 4. 决定标准成本，并作为标准预算的依据。
- 5. 决定机器的使用效率，并用以帮助解决生产线的平稳。^④

(三)模特法

模特法是澳大利亚的预定时间标准和研究协会开发的一中预定时间标准的方法，通过其模特数来预定动作所需要的标准时间。

模特法的工作分析原理：

- 1. 不同的人完成同一动作所需的时间大致相同；
- 2. 同一人体的不同部位所需的时间存在着一定的比例关系；
- 3. 不同人的这种比例关系相近。

模特法基本动作如表 2-3 所示：

^③白东哲、生产系统现场工作研究、第 127-128 页，机械工业出版社 2004 年第 1 版

^④白东哲、生产系统现场工作研究、第 158 页，机械工业出版社 2004 年第 1 版

表 2-3 模特法基本动作

上肢动作	移动动作	动作移动	M1 手指动作
			M2 手腕动作
			M3 小臂动作
			M4 大臂动作
			M5 伸直的动作
		反复多次反射动作	(M1/2, M1, M2, M3)
	终结动作	摸触动作 抓握动作	G0 碰, 接触
			G1 简单的抓
			G3 复杂的抓
		放置动作	P0 简单放置
P2 复杂放置 P5 组装			
其他动作	下肢动作	F3 足踏板动作	
		W5 走步动作	
	其他动作	R2 (独) 校正	
		D3 单独的判断和反应	
		A4 (独) 按下	
		C4 旋转动作	
		B17 (往) 弯腰动作	
		S30 (往) 起身坐下	

注: 1.符号后面的是模特值

2. “独”表示只有在其他动作停止的场合独立进行的动作

3. “注”表示需要注意力才能完成的

4. “往”表示往复动作

五、 实施平衡改善过程中应注意的事项

(一)需要同样的工具或机器的作业要素可分配在同一专用设备的工序;

(二)使用同样的作业要素应尽量分配在同一工序;

(三)分配作业要素是不要使任一工序对方大量的零配件;

(四)不相容的工作尽量不分在同一工序;

(五)必要时可对关键作业, 增配操作人员数, 或改用高效的工具以缩短其作业时间, 提高平衡效率;

(六)生产线补进新手时, 因新手对工作不熟悉, 在配置上尤其要注意, 否则会造成严重的不平衡致使产量大幅下降;

(七)用 ECRS 法则进行改善时的优先顺序为:

1. “取消” 不必要的动作或工序 (优先选择);

2. “合并” 微小动作 (次选);

3. “重排” 作业工序或动作 (第三选择);

4. “简化” 复杂的动作或工序 (最后选择)。⑤

□陈进华、现场效率改善实战手册、第 142-143 页, 海天出版社 2006 年第 1 版

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/426233055120010110>