

五、加工本身的浪费 .....	21
六、库存的浪费 .....	21
七、过量生产的浪费 .....	22
第四节 削减库存是消灭浪费的入手点 .....	23
第三章 生产周期分析 .....	25
第一节 案例分析：刘厂长的烦恼 .....	26
一、生产情况分析说明 .....	27
二、刘厂长的解决方案 .....	27
三、美方经理的意见 .....	29
四、刘厂长与美方经理的冲突 .....	29
五、精益生产专家给出的解决方案 .....	30
六、新型生产模式 .....	32
七、改善成果 .....	33
第二节 交货期与生产周期 .....	34
一、缩短交货期是企业面临的一大课题 .....	34
二、交货期与生产周期的关系 .....	36
三、缩短生产周期是根本解决之道 .....	37
第三节 利特尔法则 .....	38
一、什么是提前期 (Lead Time) .....	38
二、利特尔法则 .....	42
三、影响生产周期的因素 .....	46
四、一个流 .....	47
第四节 寻找影响生产周期的关键因素 .....	48
一、试流法 .....	48
二、生产提前期的生产现场测算方法 .....	49
三、运用利特尔法则计算生产周期 .....	51
第五节 快速大幅压缩生产周期的方法——缩小转移批量 .....	53

第四章 单元生产原理 .....	56
第一节 什么是单元生产 .....	57
一、单元生产的三要素 .....	57
二、专业分工的利弊 .....	58
三、一人完结作业方式 .....	59
四、单元生产名称的含义 .....	59
第二节 单元生产缩短生产周期 .....	61
一、传统生产方式存在大量在制品 .....	61
二、单元生产有效压缩库存 .....	64
三、流水化布局削减搬运浪费 .....	64
四、生产能力不平衡引发库存等浪费 .....	66
五、单元生产实现生产平衡率 100% .....	66
第三节 单元生产的三种不同类型 .....	68
一、屋台式单元生产线 .....	68
二、逐免式单元生产线 .....	70
三、分割式单元生产线 .....	72
四、选择合适的单元生产线 .....	73
第四节 单元生产的三种共性 .....	74
一、作业员巡回作业、站立作业 .....	75
二、生产线逆时针流水化排布 .....	75
三、生产线出入口一致 .....	76
第五节 单元生产的优点 .....	77
一、三种生产类型及其面临的课题 .....	78
二、实施单元生产可以灵活对应市场变化 .....	81
三、实施单元生产可以降低人工成本 .....	83
四、实施单元生产可以有效减少生产场地 .....	83
五、员工工作更有热情 .....	84
六、便于沟通 .....	84

第五章 如何设计单元生产线 .....	85
第一节 把握现状 .....	87
一、P/Q 分析 .....	87
二、产品分族 (小批量多品种环境下的应用工具) .....	88
三、标准工时 .....	91
四、装配表 .....	101
五、工程图 .....	104
六、产能负荷分析 .....	105
七、生产节拍设定 .....	107
第二节 标准 WIP .....	109
一、通过控制 WIP 控制生产周期 .....	111
二、控制老化工艺的标准 WIP .....	111
三、控制关键路径上的标准 WIP .....	116
第三节 生产线编程 .....	117
一、装配型单元生产线编程 .....	117
二、机加型单元生产线编程 .....	122
第四节 生产线布局 .....	126
一、逆时针排布 .....	126
二、出入口一致 .....	126
三、避免孤岛型布局 .....	127
四、避免鸟笼型布局 .....	127
五、花瓣式布局 .....	128
第五节 标准操作书 .....	129
第六章 现场改造实施 .....	130
第一节 改造设备 .....	131
一、设备选用——小型低速设备 .....	131
二、设备改造——灵活移动 .....	133
第二节 废除传送带, 制作单元作业台 .....	133
一、废除传送带 .....	133

二、单元工作台的规格 .....	135
三、单元工作台的材料 .....	136
四、单元工作台的制作 .....	139
第三节 单元生产的目视管理 .....	139
一、进度指令——进度板、蜂鸣器 .....	140
二、仓库地图 .....	141
三、Andon 系统 .....	143
第四节 清除物流、信息流障碍 .....	147
一、飞龙在天 .....	148
二、画地为牢 .....	148
三、同甘共苦 .....	149
第五节 亲自动手, 实施布局 .....	150
一、生产现场定位 .....	151
二、移动设备、生产线 .....	151
三、作业台面布局 .....	153
第七章 培养多能工, 实现少人化 .....	156
第一节 交叉培训, 培养多能工 .....	157
一、多能化是少人化的先决条件 .....	157
二、交叉培训的步骤 .....	158
三、作业员对交叉培训的反应 .....	159
第二节 教育体系 .....	160
一、提炼学习要素 .....	161
二、教学的重点在生产现场 .....	161
第三节 薪酬制度 .....	162
一、计件制造造成企业管理者忽视效率提升 .....	162
二、忙碌, 却没有效率 .....	163
三、合理的薪酬激励制度 .....	163
第四节 学习曲线 .....	164
一、学习曲线数学模型的由来 .....	165

二、学习曲线的对数分析 .....	166
三、影响学习曲线的因素 .....	167
四、学习曲线在精益生产中的应用 .....	168
<b>第八章 单元生产运作方法要点 .....</b>	<b>171</b>
第一节 单元生产在运作中遇到的问题 .....	172
第二节 装配型单元生产的平衡率改善 .....	172
一、逐出兔中之龟, 采用超车式运行方法 .....	173
二、“机动作业员”运行规则 .....	174
第三节 机加型单元的同步化生产 .....	177
一、设备利用率不一定要高 .....	178
二、可动率一定要高 .....	179
三、设备综合效率 .....	180
四、机加型单元线的同步化生产 .....	180
<b>第九章 拉动看板概述 .....</b>	<b>185</b>
第一节 什么是看板 .....	186
第二节 什么是拉动看板 .....	187
一、拉动看板的历史沿革 .....	187
二、拉动看板的特点 .....	188
三、拉动看板的作用 .....	188
第三节 为什么实施拉动看板 .....	189
一、降低库存 .....	190
二、提高物流顺畅性 .....	190
三、防止过量生产 .....	191
四、对生产操作进行控制 .....	191
五、实现流程的目视管理 .....	192
六、提高灵活性以适应计划变更 .....	192
七、降低库存报废的危险 .....	193
第四节 拉动看板实施流程 .....	193

一、数据收集 .....	194
二、计算看板数量 .....	194
三、设计看板运行规则 .....	195
四、全面培训 .....	196
五、启动看板 .....	196
六、监察和维护 .....	196
七、持续改善 .....	197
第五节 团队合作是成功的基石 .....	197
第六节 管理咨询顾问可以减少实施过程的损失 .....	198
第七节 选择样板流程 .....	199
第八节 成功实施看板的关键因素 .....	200
<b>第十章 推行机构和实施计划 .....</b>	<b>201</b>
第一节 小组成员的构成 .....	203
第二节 任命项目组长 .....	204
第三节 制定组织条例 .....	205
第四节 制定看板实施计划 .....	206
一、制定日程计划 .....	206
二、制定项目组预算 .....	207
第五节 训练项目组 .....	208
第六节 领导层的支持 .....	208
<b>第十一章 收集看板数据 .....</b>	<b>210</b>
第一节 收集数据 .....	212
一、产品信息 .....	213
二、需求信息 .....	213
三、生产能力信息 .....	214
第二节 数据汇总 .....	217
第三节 数据分析 .....	219
一、案例一 .....	219

二、 案例二 .....	220
<b>第十二章 计算看板数量 .....</b>	<b>223</b>
第一节 拉动生产问题的提出及其运作方法 .....	225
第二节 看板运行必须计算的两个核心参数 .....	228
一、为什么要计算生产批量 .....	228
二、为什么要计算缓冲库存量 .....	228
第三节 计算补充周期 .....	229
一、补充周期的概念 .....	229
二、补充周期的计算步骤 .....	231
第四节 计算生产批量、生产开始点 .....	236
第五节 计算缓冲库存量 .....	237
一、成品周转库存：顾客要求的每次交货数量 .....	237
二、在制品周转库存：生产缓冲提前期内的在制品数量 .....	238
三、原材料周转库存：原料供应提前期内的原材料数量 .....	239
第六节 计算看板数量 .....	239
第七节 看板计算的案例 .....	240
第八节 复核数据 .....	245
一、托盘容量 .....	245
二、错误的生产数据 .....	246
三、错误的周转库存数据 .....	246
第九节 看板计算的简易方法 .....	247
第十节 供应商看板 .....	247
<b>第十三章 看板运作流程及其支持系统 .....</b>	<b>251</b>
第一节 卡片看板及其运作流程 .....	252
一、卡片看板 .....	252
二、看板如何发出生产指示 .....	253
三、看板与托盘的循环运作 .....	255
第二节 磁卡看板、电子看板及其运作流程 .....	256

一、磁卡看板 .....	256
二、磁卡看板的循环运作 .....	257
三、电子看板 .....	257
第三节 看板运作的原则与具体运作规则 .....	258
一、看板运作原则 .....	258
二、看板运作的具体运作规则 .....	259
第四节 看板系统的目视管理 .....	261
一、看板系统下，目视管理的要点 .....	261
二、目视管理的注意事项 .....	262
<b>第十四章 全员持续改善 .....</b>	<b>263</b>
第一节 帮助员工拥抱变革 .....	265
一、我也能行——Do It Yourself .....	266
二、寻找低悬的果实 .....	266
三、盲猪拱地又何妨 .....	267
四、行动！行动！行动！ .....	267
第二节 简化工作方法 .....	269
一、谁改善，谁受益 .....	269
二、胆大心细 .....	269
三、昨日是，今日非 .....	270
四、形散神不散 .....	271
第三节 小改善，而不是大变革 .....	271
一、聚沙成塔 .....	272
二、把改善控制在能力范围内 .....	273
三、根据问题大小选择改善形式 .....	274
四、金无智出 .....	275
<b>第十五章 价值流分析与价值流图 .....</b>	<b>276</b>
第一节 价值流分析与价值流图简介 .....	277
一、什么是价值流、识别价值流、价值流图 .....	277

二、价值流图的作用 .....	278
三、价值流图的分析步骤 .....	280
第二节 解读价值流现状图 .....	281
一、价值流图的基本结构 .....	282
二、价值流图的图标 .....	283
三、数据框中经常包含的数据 .....	285
四、价值流中的增值时间与非增值时间 .....	288
第三节 价值流现状图绘制方法 .....	291
一、确定一个产品系列作为价值流分析的对象 .....	291
二、现状图的绘制步骤 .....	293
三、使用现状图寻找改善机会 .....	298
第四节 未来图的绘制要点 .....	301
附录 1 精益生产术语 .....	304

# 第一章

## 精益生产概述

- 第一节 什么是精益生产
- 第二节 精益生产的目标和实现目标的工具
- 第三节 精益生产的实施步骤

在产品品种越来越丰富，产品生命周期越来越短的市场环境之下，企业面临着越来越多的问题：

- 交货期越来越短，紧急订单越来越多；
- 频繁的设计变更与订单变更；
- 不断变化的市场需求使得生产能力有时不足，有时过剩；
- 生产计划失效，生产现场茫然不知所措；
- 频繁地切换生产线；
- 原材料供应商无法按照要求及时供货；
- 库存不断增加，场地不够用。

这些都是在小批量多品种的时代下产生的问题。那么，有没有办法解决上述问题呢？

有，这就是精益生产。

精益生产告诉工艺部门或者 IE 部门如何设置 U 型生产线，告诉物控部门如何制定拉动式生产计划，告诉设备部门如何在三分钟之内完成生产线切换……

总之，精益生产提供了一系列技术方法，能够全方位解决小批量多品种给企业带来的冲击。

那么，这种先进的生产方式究竟是什么呢？

## 第一节 什么是精益生产

精益生产起源于日本的丰田生产方式，美国学者对这种生产方式在理论上加以概括与总结，命名为“Lean Production”，中文翻译为“精益生产”。

## 一、精益生产的原型——丰田生产方式

丰田公司的生产管理模式受到关注并不是偶然的，“时势造英雄”，是小批量多品种的艰难市场环境造就了丰田的神话。

1949 年，丰田汽车工业株式会社社长丰田喜一郎大声疾呼：“用三年时间赶上美国，否则日本汽车工业将难以为继！”

1937 年，日本的生产率是德国的三分之一，而德国的生产率是美国的三分之一。以此算来，日本的生产率只有美国的九分之一。到了 1945 年，美军登陆日本后不久，麦克阿瑟元帅告诉日本人，日本人的生产率是美国的八分之一。不管是先前的九分之一还是后来的八分之一，总而言之，要想在三年内赶上美国，实在是太困难了。

当时美国是全球汽车业的霸主。以福特公司为代表，美国汽车业已经建立起大批量生产方式。这种生产方式以提高生产效率为目标，每条生产线，甚至每家汽车制造厂只生产单一品种的汽车。福特企业的创始人老福特曾经说过一句经典名言：“顾客想要什么颜色的汽车都可以——只要它是黑色的”。这句典型的美式幽默言下之意是指，我只生产黑色汽车！

为了实现社长的目标，丰田公司立即前往美国福特公司学习，结果却发现根本不可能照搬“福特模式”。这是因为，日本是一个岛国，市场狭小，无法满足“福特模式”对大批量生产的要求。以冲压机床为例，福特给每一汽车品种配置一台昂贵的机床，进行大量生产。而在 1949 年，日本全年生产的卡车数是 25622 辆，汽车数是 1008 辆。丰田公司为了生存，多小的订单都得接，什么样的订单都要接。在这种情况下，根本不可能为每一汽车品种配置一台昂贵的机床，丰田必须想办法实现在一条生产线上生产很多品种的汽车。1950 年朝鲜战争爆发后，订单开始增加，即使是这样，仍然达不到福特大批量生产的成本要求。可以说，丰田公司从来就没有经历过大批量生产的好日子。丰田公司只能自己摸索在小批量多品种的市场环境之下的求存图强之道。

丰田适应小批量多品种的努力获得回报了吗？1982 年，美国通用

公司的人均利润为 1400 美元，而丰田公司的人均利润为 14000 美元，正好是通用公司的 10 倍！

以此算来，岂不是丰田公司在 30 年间获得了百倍的惊人成长吗？那么成长的秘诀究竟在哪里呢？

## 二、精益生产的诞生

以丰田为代表的日本汽车业在与美国汽车业的市场竞争中不断攻城掠地，在这种情况下，美国麻省理工学院的一批学者从 1979 年开始，对比研究了世界各大汽车企业，力图破解日本汽车业快速成长的秘密。他们主要的成员包括：詹姆斯·P·沃麦克、丹尼尔·T·琼斯、丹尼尔·鲁斯。

研究结果发现，北美与欧洲的汽车工业所采用的生产管理技术与当年亨利·福特使用的大量生产方式所差无几，而这些技术在市场越来越小批量多品种化的今天，完全没有办法与日本企业，尤其是丰田公司采用的生产方式相竞争。

很显然，20 世纪 80 年代初的世界汽车市场，小批量多品种化的趋势已经非常明显了，但是，欧美汽车业仍然抱着大批量生产方式不放。而丰田公司呢？由于一直是在小批量多品种的市场环境下不断发展，积累了大量的经验，并且已经把这些经验初步上升到了理论的高度，因此，丰田早已成竹在胸了。研究小组发现，丰田公司已经找到了在小批量多品种的市场环境下仍然赚钱的生产方式，丰田公司能够取得成功的重要原因之一就是这种新的生产方式，这就是丰田快速成长的秘密。

由于未来的市场必然会小批量多品种化，因此丰田生产方式就非常有革命意义了，于是，詹姆斯等人满怀热情地把丰田生产系统 (TOYOTA PRODUCTION SYSTEM) 的特点加以总结，跳出丰田公司、跳出汽车行业，提炼成了普遍适用的管理技术，并命名为“Lean Production”，中文译名为“精益生产”，并通过《改变世界的机器》一书向全世界推广介绍。

之所以命名为“Lean Production”，是因为丰田生产方式最令人瞩目的特点是追求“零库存”，丰田管理哲学认为，库存就像人身上多余的

脂肪一样，不会给人带来任何好处，只是消耗营养，因此必欲除之而后快！而英文“Lean”正是“瘦、无肉”的意思，因为与大量生产方式下庞大的库存量相比，新的生产方式几乎是没有库存的，也就是没有脂肪的。随着《改变世界的机器》一书在全世界的畅销，“Lean Production”也在全世界得到承认。

20 世纪 90 年代美国对精益生产进行了一系列的研究和实践。这其中包括美国军方 1993 年出台的美国“国防制造企业战略”、“精益航空计划 (Lean Aerospace Initiative)”等政府指令性的活动。除了汽车行业又有更多的美国企业如波音、洛克希德马丁、惠普等投入到实施精益生产的大潮中来。在这个过程中，日本人提供了基本的思考和方法，出色的实践证明了精益生产的强大生命力；美国学者的研究，美国企业、乃至美国政府的研究和实践，则证明了精益思想在世界上的普遍意义，并升华为新一代生产哲学。终于在 1996 年，James Womack 和 Daniel Jones 的《精益思想》一书问世，精益生产由经验变成为理论，新的生产方式正式诞生。

## 三、精益生产在中国内地的传播

20 世纪 80 年代初，中国汽车业的领导人到日本参观学习。丰田公司的零库存给大家留下了很深刻的印象。有人用三句话评价这件事：“刚参观日本企业时感动，回家的路上激动，回来后难动！”。确实如此，零库存的理念传到中国后先是一片叫好声，都认为这种方式体现了精湛的管理水平，带来了成本的降低。很多企业纷纷效仿，决心压缩库存，降低成本。但是，管理者很快就宣布：“零库存只适合丰田公司这样的日本企业，我们中国根本做不到！”。零库存就此偃旗息鼓。

今天精益生产在中国越来越受重视，很多人很快就认为这不过是“零库存”卷土重来罢了，还是不符合中国国情，迟早会被抛弃的。

中国的国情是什么？是我们基础太差。这确实是我们的国情，我们的供应链非常不完善，物流状况也不好。但是，当年丰田公司刚起步的时候，不是比我们更加糟糕吗？1950 年，丰田公司受供应商的困扰，

供应商总是无法按时交货。结果出现了“上半个月没工作，下半个月忙到吐血”的可怕局面。但是，丰田公司没有退缩，在大野耐一的带领下，不断与困难斗争，用30年的时间最终实现了“零库存”的管理水平。由此可以，“零库存”是一个目标，而不是手段。那么，我们要学习的是什么呢？很显然，不仅仅是在完善的供应链基础上如何运作“零库存模式”，更应该学习的是丰田公司从一个基础薄弱的落后企业进化为世界一流企业的过程中积累的经验！

在珠三角工业带，从1997年开始，精益生产在几乎所有的日资企业中都得到了广泛地推行，并且取得了惊人的效果，奥林巴斯、理光、佳能、松下，成功的案例比比皆是。这在客观上带动了精益生产在中国的传播。

时间进入2006年，在中国工业界，精益生产正在受到前所未有的重视。但是，精益生产在很多国人眼里仍然是一个含混不清的概念，单就名词一项，就有四种之多。

名称混乱，主要是由于精益生产传入中国的途径不同引起的。

精益生产起源于日本丰田公司，传入中国，共有四条途径：

第一条途径：从日本直接传入中国大陆。20世纪80年代我国专家去丰田参观，命名为“零库存”。

第二条途径：从日本经美国传入中国大陆。美国专家命名为“Lean Production”，汉语译作“精益生产”。

第三条途径：从日本经美国传入中国台湾，再传入中国大陆。美国专家命名为“Lean Production”，台湾译作“精实生产”。

第四条途径：从日本经中国台湾传入中国大陆。丰田公司咨询部门命名为NPS，这是“New Production System”的缩写。“NPS”这个名称被台湾学者直接引用。

关于精益生产的名称就有如下几种：零库存；精益生产；精实生产；NPS。

名称千差万别，但说的都是同一种生产方式，包含相同的工具方法。这些工具和方法，是精益生产对丰田公司30年的经验总结。

## 第二节 精益生产的目标和实现目标的工具

### 一、精益生产的目标

企业的现场管理目标，一般来说，可以分为Q、C、D三大类别，其含义如下：

- Q: Quality, 品质；
- C: Cost, 成本；
- D: Delivery, 交货期。

精益生产的目标，就是实现短交期、低成本、高质量。精益生产的目标与企业的现场管理目标是完全一致的。

### 二、精益生产的工具

精益生产的工具体系，具体参见图1.1。

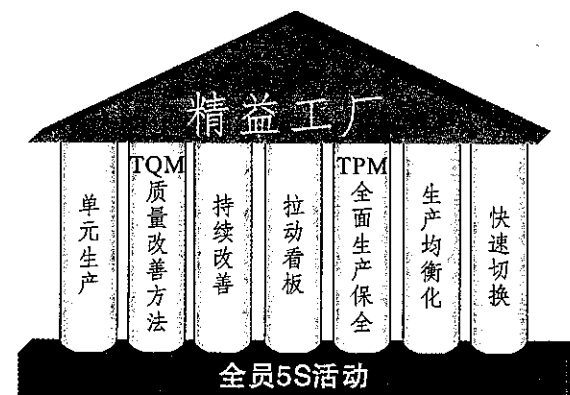


图 1.1 精益生产工具体系



### 1. “5S 活动”是基础

5S 的目的之一是创建一流的生产环境。5 个 S, 是创建一流生产环境的 5 个步骤, 分别是: 整理、整顿、清扫、清洁、素养。

### 2. “拉动生产”或者叫“拉动看板”, 是一种生产计划和物料控制技术

在这种生产方式之下, 每个生产车间都按照后工序的要求组织生产。这就打破了以往“什么物料到了我就加工什么”的传统方式。这种传统方式被称作“推动生产”。丰田公司采用拉动生产是有原因的。在丰田公司改革之初, 加工车间和组装车间的配合协调是个令人头痛的问题。组装车间往往气急败坏地发现, 绝大部分物料都已经到齐了, 但是每个产品总是差那么一两个零配件没到。询问机加工车间, 机加工车间的回答是: “反正公司下达了很多的生产任务, 我们完成就可以了, 至于先生产哪个后生产哪个, 我们并不知道呀, 我们怎么知道你只差某种零件就可以装配了呢?”。在这种情况下, 大野耐一开始尝试让后工序告诉前工序正确的生产顺序。这一尝试一路发展下来, 就进化成了“拉动生产”。丰田公司通过拉动生产, 理顺了上下工序的关系, 理顺了顾客、企业以及供应商的关系。最终达到了“只在客户需要的时间生产客户需要的数量”的理想状态。

### 3. “单元生产”是当代最新、最有效的生产线设置方式之一, 为日本以及欧美企业所广泛采用

在小批量多品种生产的残酷环境下, 这种生产线放弃了传送带, 但是却达到甚至超过了大批量生产条件下传送带流水线的效果, 因此被誉为“看不见的传送带”。单元生产是大家对“精益生产”认识不断加深的产物。初期, 大家对精益生产的认识只停留在“拉动生产”上。他们认为, 为了达到“零库存”的目标, 需要认真分析现状, 利用现有资源, 建立起一套“系统”, 使得库存最小。但是实践的结果证明这样做效果不大。于是人们逐渐意识到, 单纯建立在“现有条件”下的“运筹”是远远不够的。必须要打破“现有条件”, 也就是进行真正的现场改造。单

元生产正是体现了这一精神。实施过单元生产的企业, 无不在布局、人才培养、物料控制上发生极大的改变。因此, 单元生产是把精益生产深入到企业每一个细胞的改善活动, 它把精益生产推向了更深的层次。

### 4. “快速切换”指的是如何在最短的时间内完成大型模具的切换或者生产线的切换

在小批量多品种的时代, 生产线的切换是非常频繁的。如何把切换时间缩短, 便成了很重要的课题。在当今日本工业界, 有一个专门的奖项, 叫做“新乡重夫奖”, 这个奖项用来奖励在换模的过程中涌现出来的奇思妙想。为何这么重视切换呢? 一方面, 切换时间是对生产能力的浪费, 而另一方面是, 很多企业为了减少产能的浪费, 做出了减少切换次数的错误决策, 其结果是中间在制品大量增加。其实, 针对切换损失, 最合理的对策是缩短切换时间。新乡重夫经过研究发现了缩短切换时间的 4 个步骤, 为我们的切换工作提供了技术支持。

### 5. “IE 持续改善”则是精益生产对传统 IE 方法的正确应用

IE 是英语 Industrial Engineering 的缩写, 中文译作“工业工程”。传统的 IE 方法注重微观, 典型应用是动作分析, 帮助员工提高效率。在精益生产中, IE 的工作重点转向了物流, 在研究物料从进入企业到成品发货全过程的同时, IE 工程师的思路也得到了升华, 相当多的 IE 工程师开始具有了大局观。在大局观的指引下, IE 持续改善有的放矢, 取得了传统 IE 工程师无法设想的成绩。

### 6. “TQM”的作用是提高产品质量

### 7. “TPM”的作用是保证机器设备完好, 随时可用

### 8. “生产均衡化”的作用是通过生产排程尽可能地使生产任务均衡化

以上简单介绍了精益生产的各项工具。其中单元生产一项方兴未艾, 而其他各项工具很多人已经耳熟能详了。尤其是拉动生产, 相信许

多企业做过这方面的尝试。

然而，直接从拉动生产入手的企业，很少能够完全取得期待的效果。有一家企业实施拉动生产后发现，虽然前后工序间的关系理顺了，然而库存增加了，没有完全实现精益生产。

另一些企业把精益生产等同于IE持续改善，取得了一定的成绩，员工的生产效率提高了不少，但是，中间在制品却越堆越多。

这是怎么回事呢？很重要的原因在于，精益生产各项工具的实施，是有一定的顺序的。企业生产处在不同的阶段，需要不同的工具。

### 第三节 精益生产的实施步骤

相当多的企业实施了精益生产，结果是有成功有失败。我们从大量的成功经验中提炼出了实施精益生产的方法与步骤。这些步骤包含两个方面，一方面是实施的步骤，另一方面是工具使用的步骤。

#### 一、实施步骤

##### 1. 第一步：正确地确定价值——意识改革

举例来说，一家钢管铸造厂，从粗钢到达企业的那一刻起，工作就展开了——企业需要动用叉车把粗钢搬运进原材料仓库。那么，这种搬运工作是有价值的吗？如果询问搬运工的话，搬运工一定会回答：“当然有价值！我就是干这个工作的！”。然而仔细想一想，仅仅把粗钢从一个地方搬运到另一个地方，粗钢就增值了吗？当然没有！顾客不会因此多付给企业一分钱。

正确地确定价值就是以客户的观点来确定企业从设计到生产到交付的全部过程，实现客户需求的最大满足。

以客户的观点确定价值就必须把生产的全过程中的多余消耗减至最

少，不将额外的花销转嫁给用户。因此，可以考虑把粗钢直接运送到生产车间，这样就消灭了不产生任何价值的搬运浪费。

在使客户满意的同时，企业自身也降低了生产成本，这就是精益生产的价值观。精益价值观将商家和客户的利益统一起来，而不是过去那种对立的观点。

以客户为中心的价值观来审视企业的产品设计过程、制造过程、服务过程就会发现太多的浪费：从不满足客户需求到过分的功能和多余的非增值消耗。当然，消灭这些浪费的直接受益者既是客户也是商家。

在这一阶段，首先是企业领导需要进行培训，提高识别浪费的能力。其次，要发动广大员工寻找浪费。为了发动员工的积极性，我们一般会推行5S活动。由于5S活动道理非常简单，而且效果非常明显，因此员工很快就会了解到精益生产是实实在在的管理技术。这样，我们就用实际行动把大家的积极性发动起来，从而减少了直接推行精益生产的思想阻力。

##### 2. 第二步：识别价值流

精益生产不只需要一般作业员的参与，它更需要系统的展开。因此就要对企业现状做出分析。这个分析工具就是价值流图。

企业内直接为客户创造价值的流程有三类，分别是：

- 从概念到发布的产品设计流程；
- 订单到交货的生产流程；
- 在产品交货期内，提供的服务流程。

价值流是指构成每个流程的全部活动。识别价值流的含义是在价值流中找到哪些是真正增值的活动，哪些是可以立即去掉的不增值活动。精益思想将所有业务过程中消耗了资源而不增值的活动叫做浪费。“识别价值流”就是发现浪费和消灭浪费。识别价值流的方法是“图解价值流 Value Stream Mapping”——首先按产品族为单位画出当前的“价值流图”，再以客户的观点分析每一个活动的必要性，最后转化成具体的实施计划。价值流分析成为实施精益思想最重要的基础工具之一。

价值流分析一般从自己企业的内部开始，然后向前延伸到供应商，

向后延长到向客户交货的活动。按照最终用户的观点全面地考察价值流，特别是分析部门之间交接的过程，这个交接过程往往存在着惊人的浪费。

### 3. 第三步：流动——追求“一个流”

如果正确的确定价值是精益思想的基本观点，识别价值流是精益思想的准备和入门的话，那么“流动 Flow”和“拉动 Pull”则是实现精益思想的中坚。

精益思想要求创造价值的各个活动（步骤）流动起来，强调的是不间断地“流动”。“价值流”本身的含义就是“流动”的，但是由于根深蒂固的传统观念和做法，例如部门的分工（部门间交接和转移时的等待）、大批量生产（机床旁边等待的在制品）等等阻断了本应流动起来的价值。精益生产将所有的停滞看作是企业的浪费，号召所有的人都必须和部门化的、批量生产的思想作斗争。斗争的最有力工具就是“单元生产”。

本田公司的一家摩托车组装厂成功地运用单元生产实现了流动。在生产现场我们看到，每一辆摩托车都处于被加工状态。甚至在组装工作结束以后，摩托车也不像一般企业那样运进成品仓库，而是由最终检验人员直接把摩托车开进了运输车，然后很快就运走了。

### 4. 第四步：拉动 Pull

“拉动”就是按客户的需求设计投入和产出，使用户精确地在他们需要的时间得到需要的东西。实行拉动以后，用户或制造的下游就像在超市的货架上一样取到他们所需要的东西，而不是把用户不太想要的产品强行推给用户。拉动原则由于生产和需求直接对应，消除了过早、过量的投入，从而减少了大量的库存和现场在制品，大大地压缩了生产周期。

拉动原则更深远的意义在于企业具备了当用户一旦需要，就能立即进行设计和制造用户真正需要的产品的能力，最后实现抛开预测，直接按用户的实际需要进行生产。

流动和拉动将使产品开发时间减少 50%，交货周期缩短 75%，生产周期缩短 90%，这对传统的改善来说简直是个奇迹。

### 5. 第五步：尽善尽美

奇迹的出现是由于上述四个原则相互作用的结果。改进的结果必然是价值流动速度显著加快。这样就必须不断地用价值流分析方法找出更隐藏的浪费，作进一步的改进。这样的良性循环成为趋于尽善尽美的过程。精益制造的目标是“通过尽善尽美的价值创造过程（包括设计、制造和对产品或服务整个生命周期的支持）为用户提供尽善尽美的价值”。因为外在市场环境处于不断变化之中，企业内部也要不断进行转变，所以“尽善尽美”永远是一个目标，但持续地对尽善尽美的追求，将造就一个永远充满活力、不断进步的企业。

## 二、工具的使用步骤

- 第一步：现场 5S 活动
- 第二步：价值流分析
- 第三步：现场改造——单元生产
- 第四步：进度控制——拉动生产
- 第五步：快速切换
- 第六步：IE 持续改善
- 第七步：TPM 全员生产保全
- 第八步：TQM 质量改善方法

在这里，把 TQM 这一质量相关工具放到了最后，并不是不重视质量，只是因为，实施精益生产不必等到质量提高以后。

## 第二章

### 识别浪费

第一节 什么是价值

第二节 什么是浪费

第三节 七种浪费

第四节 削减库存是消灭浪费的入手点

1945年，大野耐一在得知日本的人均生产率只有美国的八分之一时非常吃惊，他没有想到日本和美国的差距这么大。问题出在哪里呢？他认为并不是日本人懒惰，原因很可能是日本人工作时有着某种方面的巨大浪费，只要能消灭这种浪费，那么生产力就可以有十倍百倍的成长。基于这种认识，丰田公司在几十年的时间里不断识别浪费、消灭浪费，最终真的获得了百倍的成长。

在与浪费的斗争过程中，丰田公司逐渐形成了自己的生产方式。因此可以说，“消灭浪费”是丰田生产方式的基本理念。

精益生产的浪费原理：并非所有工作都有价值，超过客户要求的任何生产所必需的设备、材料、场地及人工都是浪费。这些浪费各不相同，同时，浪费之间的关系错综复杂，一种浪费往往会衍生出多种浪费。在所有浪费之中，物流是关键，从削减库存着手，是精益生产的典型做法。精益生产的浪费原理，就是建立在丰田“消灭浪费”的基本理念之上的。

这一原理有三层含义。

第一层含义：并非所有工作都有价值，很多工作都是浪费。什么是浪费呢？超过客户要求的任何生产所必需的设备、材料、场地及人工都是浪费。

第二层含义：浪费之间的关系错综复杂，彼此衍生。有一家企业的领导力图消灭搬运浪费。他说：“搬运是浪费。我正在准备把运输中间在制品的周转箱加大一倍，这样，我就可以把搬运时间缩短一半了”。这种办法并不可取，因为在消灭搬运浪费的同时，在制品的浪费却增加了。因此，浪费之间的关系错综复杂，处置不当的话，常常是辛辛苦苦做出的解决方案却带来了新的问题。有一家企业库存逐渐增加，侵占了大量生产场地。于是新建了库房。建成库房后，为了作业方便，又购买了叉车。购买叉车后又新招聘了叉车工。我们从中可以看到，原本只是库存的浪费，由于处置不当，后续又引发了更多、更大的浪费。

### 1. “5S 活动”是基础

5S 的目的之一是创建一流的生产环境。5 个 S, 是创建一流生产环境的 5 个步骤, 分别是: 整理、整顿、清扫、清洁、素养。

### 2. “拉动生产”或者叫“拉动看板”, 是一种生产计划和物料控制技术

在这种生产方式之下, 每个生产车间都按照后工序的要求组织生产。这就打破了以往“什么物料到了我就加工什么”的传统方式。这种传统方式被称作“推动生产”。丰田公司采用拉动生产是有原因的。在丰田公司改革之初, 加工车间和组装车间的配合协调是个令人头痛的问题。组装车间往往气急败坏地发现, 绝大部分物料都已经到齐了, 但是每个产品总是差那么一两个零配件没到。询问机加工车间, 机加工车间的回答是: “反正公司下达了很多的生产任务, 我们完成就可以了, 至于先生产哪个后生产哪个, 我们并不知道呀, 我们怎么知道你只差某种零件就可以装配了呢?”。在这种情况下, 大野耐一开始尝试让后工序告诉前工序正确的生产顺序。这一尝试一路发展下来, 就进化成了“拉动生产”。丰田公司通过拉动生产, 理顺了上下工序的关系, 理顺了顾客、企业以及供应商的关系。最终达到了“只在客户需要的时间生产客户需要的数量”的理想状态。

### 3. “单元生产”是当代最新、最有效的生产线设置方式之一, 为日本以及欧美企业所广泛采用

在小批量多品种生产的残酷环境下, 这种生产线放弃了传送带, 但是却达到甚至超过了大批量生产条件下传送带流水线的效果, 因此被誉为“看不见的传送带”。单元生产是大家对“精益生产”认识不断加深的产物。初期, 大家对精益生产的认识只停留在“拉动生产”上。他们认为, 为了达到“零库存”的目标, 需要认真分析现状, 利用现有资源, 建立起一套“系统”, 使得库存最小。但是实践的结果证明这样做效果不大。于是人们逐渐意识到, 单纯建立在“现有条件”下的“运筹”是远远不够的。必须要打破“现有条件”, 也就是进行真正的现场改造。单

元生产正是体现了这一精神。实施过单元生产的企业, 无不在布局、人才培养、物料控制上发生极大的改变。因此, 单元生产是把精益生产深入到企业每一个细胞的改善活动, 它把精益生产推向了更深的层次。

### 4. “快速切换”指的是如何在最短的时间内完成大型模具的切换或者生产线的切换

在小批量多品种的时代, 生产线的切换是非常频繁的。如何把切换时间缩短, 便成了很重要的课题。在当今日本工业界, 有一个专门的奖项, 叫做“新乡重夫奖”, 这个奖项用来奖励在换模的过程中涌现出来的奇思妙想。为何这么重视切换呢? 一方面, 切换时间是对生产能力的浪费, 而另一方面是, 很多企业为了减少产能的浪费, 做出了减少切换次数的错误决策, 其结果是中间在制品大量增加。其实, 针对切换损失, 最合理的对策是缩短切换时间。新乡重夫经过研究发现了缩短切换时间的 4 个步骤, 为我们的切换工作提供了技术支持。

### 5. “IE 持续改善”则是精益生产对传统 IE 方法的正确应用

IE 是英语 Industrial Engineering 的缩写, 中文译作“工业工程”。传统的 IE 方法注重微观, 典型应用是动作分析, 帮助员工提高效率。在精益生产中, IE 的工作重点转向了物流, 在研究物料从进入企业到成品发货全过程的同时, IE 工程师的思路也得到了升华, 相当多的 IE 工程师开始具有了大局观。在大局观的指引下, IE 持续改善有的放矢, 取得了传统 IE 工程师无法设想的成绩。

### 6. “TQM”的作用是提高产品质量

### 7. “TPM”的作用是保证机器设备完好, 随时可用

### 8. “生产均衡化”的作用是通过生产排程尽可能地使生产任务均衡化

以上简单介绍了精益生产的各项工具。其中单元生产一项方兴未艾, 而其他各项工具很多人已经耳熟能详了。尤其是拉动生产, 相信许

多企业做过这方面的尝试。

然而，直接从拉动生产入手的企业，很少能够完全取得期待的效果。有一家企业实施拉动生产后发现，虽然前后工序间的关系理顺了，然而库存增加了，没有完全实现精益生产。

另一些企业把精益生产等同于IE持续改善，取得了一定的成绩，员工的生产效率提高了不少，但是，中间在制品却越堆越多。

这是怎么回事呢？很重要的原因在于，精益生产各项工具的实施，是有一定的顺序的。企业生产处在不同的阶段，需要不同的工具。

### 第三节 精益生产的实施步骤

相当多的企业实施了精益生产，结果是有成功有失败。我们从大量的成功经验中提炼出了实施精益生产的方法与步骤。这些步骤包含两个方面，一方面是实施的步骤，另一方面是工具使用的步骤。

#### 一、实施步骤

##### 1. 第一步：正确地确定价值——意识改革

举例来说，一家钢管铸造厂，从粗钢到达企业的那一刻起，工作就展开了——企业需要动用叉车把粗钢搬运进原材料仓库。那么，这种搬运工作是有价值的吗？如果询问搬运工的话，搬运工一定会回答：“当然有价值！我就是干这个工作的！”。然而仔细想一想，仅仅把粗钢从一个地方搬运到另一个地方，粗钢就增值了吗？当然没有！顾客不会因此而多付给企业一分钱。

正确地确定价值就是以客户的观点来确定企业从设计到生产到交付的全部过程，实现客户需求的最大满足。

以客户的观点确定价值就必须把生产的全过程中的多余消耗减至最

少，不将额外的花销转嫁给用户。因此，可以考虑把粗钢直接运送到生产车间，这样就消灭了不产生任何价值的搬运浪费。

在使客户满意的同时，企业自身也降低了生产成本，这就是精益生产的价值观。精益价值观将商家和客户的利益统一起来，而不是过去那种对立的观点。

以客户为中心的价值观来审视企业的产品设计过程、制造过程、服务过程就会发现太多的浪费：从不满足客户需求到过分的功能和多余的非增值消耗。当然，消灭这些浪费的直接受益者既是客户也是商家。

在这一阶段，首先是企业领导需要进行培训，提高识别浪费的能力。其次，要发动广大员工寻找浪费。为了发动员工的积极性，我们一般会推行5S活动。由于5S活动道理非常简单，而且效果非常明显，因此员工很快就会了解到精益生产是实实在在的管理技术。这样，我们就用实际行动把大家的积极性发动起来，从而减少了直接推行精益生产的思想阻力。

##### 2. 第二步：识别价值流

精益生产不只需要一般作业员的参与，它更需要系统的展开。因此就要对企业现状做出分析。这个分析工具就是价值流图。

企业内直接为客户创造价值的流程有三类，分别是：

- 从概念到发布的产品设计流程；
- 订单到交货的生产流程；
- 在产品交货期内，提供的服务流程。

价值流是指构成每个流程的全部活动。识别价值流的含义是在价值流中找到哪些是真正增值的活动，哪些是可以立即去掉的不增值活动。精益思想将所有业务过程中消耗了资源而不增值的活动叫做浪费。“识别价值流”就是发现浪费和消灭浪费。识别价值流的方法是“图解价值流 Value Stream Mapping”——首先按产品族为单位画出当前的“价值流图”，再以客户的观点分析每一个活动的必要性，最后转化成具体的实施计划。价值流分析成为实施精益思想最重要的基础工具之一。

价值流分析一般从自己企业的内部开始，然后向前延伸到供应商，

向后延长到向客户交货的活动。按照最终用户的观点全面地考察价值流，特别是分析部门之间交接的过程，这个交接过程往往存在着惊人的浪费。

### 3. 第三步：流动——追求“一个流”

如果正确的确定价值是精益思想的基本观点，识别价值流是精益思想的准备和入门的话，那么“流动 Flow”和“拉动 Pull”则是实现精益思想的中坚。

精益思想要求创造价值的各个活动（步骤）流动起来，强调的是不间断地“流动”。“价值流”本身的含义就是“流动”的，但是由于根深蒂固的传统观念和做法，例如部门的分工（部门间交接和转移时的等待）、大批量生产（机床旁边等待的在制品）等等阻断了本应流动起来的价值。精益生产将所有的停滞看作是企业的浪费，号召所有的人都必须和部门化的、批量生产的思想作斗争。斗争的最有力工具就是“单元生产”。

本田公司的一家摩托车组装厂成功地运用单元生产实现了流动。在生产现场我们看到，每一辆摩托车都处于被加工状态。甚至在组装工作结束以后，摩托车也不像一般企业那样运进成品仓库，而是由最终检验人员直接把摩托车开进了运输车，然后很快就运走了。

### 4. 第四步：拉动 Pull

“拉动”就是按客户的需求设计投入和产出，使用户精确地在他们需要的时间得到需要的东西。实行拉动以后，用户或制造的下游就像在超市的货架上一样取到他们所需要的东西，而不是把用户不太想要的产品强行推给用户。拉动原则由于生产和需求直接对应，消除了过早、过量的投入，从而减少了大量的库存和现场在制品，大大地压缩了生产周期。

拉动原则更深远的意义在于企业具备了当用户一旦需要，就能立即进行设计和制造用户真正需要的产品的能力，最后实现抛开预测，直接按用户的实际需要进行生产。

流动和拉动将使产品开发时间减少 50%，交货周期缩短 75%，生产周期缩短 90%，这对传统的改善来说简直是个奇迹。

### 5. 第五步：尽善尽美

奇迹的出现是由于上述四个原则相互作用的结果。改进的结果必然是价值流动速度显著加快。这样就必须不断地用价值流分析方法找出更隐藏的浪费，作进一步的改进。这样的良性循环成为趋于尽善尽美的过程。精益制造的目标是“通过尽善尽美的价值创造过程（包括设计、制造和对产品或服务整个生命周期的支持）为用户提供尽善尽美的价值”。因为外在市场环境处于不断变化之中，企业内部也要不断进行转变，所以“尽善尽美”永远是一个目标，但持续地对尽善尽美的追求，将造就一个永远充满活力、不断进步的企业。

## 二、工具的使用步骤

- 第一步：现场 5S 活动
- 第二步：价值流分析
- 第三步：现场改造——单元生产
- 第四步：进度控制——拉动生产
- 第五步：快速切换
- 第六步：IE 持续改善
- 第七步：TPM 全员生产保全
- 第八步：TQM 质量改善方法

在这里，把 TQM 这一质量相关工具放到了最后，并不是不重视质量，只是因为，实施精益生产不必等到质量提高以后。

## 第二章

### 识别浪费

第一节 什么是价值

第二节 什么是浪费

第三节 七种浪费

第四节 削减库存是消灭浪费的入手点

1945年，大野耐一在得知日本的人均生产率只有美国的八分之一时非常吃惊，他没有想到日本和美国的差距这么大。问题出在哪里呢？他认为并不是日本人懒惰，原因很可能是日本人工作时有着某种方面的巨大浪费，只要能消灭这种浪费，那么生产力就可以有十倍百倍的成长。基于这种认识，丰田公司在几十年的时间里不断识别浪费、消灭浪费，最终真的获得了百倍的成长。

在与浪费的斗争过程中，丰田公司逐渐形成了自己的生产方式。因此可以说，“消灭浪费”是丰田生产方式的基本理念。

精益生产的浪费原理：并非所有工作都有价值，超过客户要求的任何生产所必需的设备、材料、场地及人工都是浪费。这些浪费各不相同，同时，浪费之间的关系错综复杂，一种浪费往往会衍生出多种浪费。在所有浪费之中，物流是关键，从削减库存着手，是精益生产的典型做法。精益生产的浪费原理，就是建立在丰田“消灭浪费”的基本理念之上的。

这一原理有三层含义。

第一层含义：并非所有工作都有价值，很多工作都是浪费。什么是浪费呢？超过客户要求的任何生产所必需的设备、材料、场地及人工都是浪费。

第二层含义：浪费之间的关系错综复杂，彼此衍生。有一家企业的领导力图消灭搬运浪费。他说：“搬运是浪费。我正在准备把运输中间在制品的周转箱加大一倍，这样，我就可以把搬运时间缩短一半了”。这种办法并不可取，因为在消灭搬运浪费的同时，在制品的浪费却增加了。因此，浪费之间的关系错综复杂，处置不当的话，常常是辛辛苦苦做出的解决方案却带来了新的问题。有一家企业库存逐渐增加，侵占了大量生产场地。于是新建了库房。建成库房后，为了作业方便，又购买了叉车。购买叉车后又新招聘了叉车工。我们从中可以看到，原本只是库存的浪费，由于处置不当，后续又引发了更多、更大的浪费。



第三层含义：根据大量的实践经验发现，物流是关键，库存的浪费是标志性的浪费。这里的库存泛指企业中的一切原材料、在制品、成品。为什么说物流是关键呢？因为作业现场的一切活动都是围绕物流展开的，一切浪费、不合理的活动，最终都会在物流上体现。管理不善必然带来物流不畅，物流不畅必然产生大量库存。

实施精益生产所作的意识改革，第一是对自己的工作目标有清醒的认识，找到自己工作的真正价值之所在；第二是了解企业生产过程中的所有浪费现象，并厘清浪费之间的关系；第三是抓住牛鼻子，积极把企业向“零库存”方向引导。

首先让我们从理论上阐明什么是价值，什么是浪费。

## 第一节 什么是价值

企业因顾客而存在。只有在顾客购买企业产品的时候，企业的价值才体现出来。从这个意义上讲，价值就是对顾客有利的活动。工艺图纸中的每一步都是有价值的，而实际的生产流程却充满了浪费。例如制作一副眼镜框，把镜腿折成工艺要求的角度，这是有价值的。但是，把眼镜框从前一道工序搬运到后一道工序，这个搬运动作却没有使得镜框发生任何对客户有利的变化，这是浪费。因此，从微观上来讲，增值活动可以看作使被加工物在物理上发生了改变，对顾客更具吸引力的活动。

任何企业的产品生产过程，都是一个由原材料到顾客能接受的成品的过程。企业要了解顾客需求才能定义自己的价值，生产过程中的各环节也是如此。上下工序间要多沟通，彼此熟悉对方的工作。例如，提供组装部件的机加工车间人员要到组装车间去认真实习，了解组装车间的需求，明确自己工作的目的。回到机加工车间后，就要对现有加工工艺、规格等等做检讨，看看有哪些是需要消除的，哪些是需要改变的。

## 第二节 什么是浪费

### 一、浪费的定义

问一百个人，一百个人都会回答“应该杜绝浪费”。但实际去消灭浪费却很困难。如果知道是浪费，谁都会去积极杜绝。问题是本来是浪费，却不认为是浪费，这才是个大问题。在精益生产中，浪费是这样定义的：超过客户需求的、生产所必需的任何设备、材料、场地及人工都是浪费。

### 二、及时生产

在浪费的定义中，最引人注目的是要求生产现场“不超过客户需求的、生产所必需的任何材料”这一项，这一项通常被称之为“JIT”，JIT是英文 Just In Time 的首字母缩写，中文称之为“及时生产”。

及时生产认为，客户不仅仅指真正购买企业产品的消费者，在企业中，后工序就是前工序的顾客。比如，汽车先要经过冲压，然后进入组装工序。在这里，组装车间就是冲压车间的顾客。

所谓及时生产是指：要求生产现场，只在必要的时间，按照必要的数量，生产必要的产品。

必要的时间是指后工序指定的时间；必要数量的产品是指后工序所需数量的产品。及时生产所涵盖的范围，除企业内的生产现场外，还应该包含销售、设计、购买、订购、物流。其中生产现场是及时生产中最重要的一环。

及时生产，有人理解为满足交货期的生产，这是错误的。交货期当然非常重要。销售部门必须在客户指定的交货期内完成交货；生产企业

必须在销售部门指定的交货期内完成交货；生产企业中的前工序，必须及时向后工序在指定的交货期内提供必需的零件。任何工作，没有考虑到交货期就没有办法开展。

但是，仅仅把及时生产理解为满足交货期，同样是错误的。及时生产在满足交货期的基础上，还要竭力避免提前生产的现象。

例如，交货期是下周五，则必须在下周四下班之前把产品生产出来。既不能是下周六，同时也不能是下周三。那种不顾后工序的要求，提前完成计划的做法是不被鼓励的，相反，这是及时生产最忌讳的事情。这种提前完成生产任务，称之为过量生产，属于一种浪费现象。

在精益生产的实际实施过程中，力图教导每个人按照定义去探讨和识别浪费是非常困难的一件事情。毕竟，理论是高高在上的，并非每个人都愿意去理解。

令人称道的是，大野耐一从实践的角度出发，概括了“七种浪费”。这七种浪费浅显易懂，对实际工作有非常现实的指导意义。

### 第三节 七种浪费

大野耐一先生把生产现场不合理的现象归纳为七种浪费。这七种浪费是：

- 等待的浪费
- 搬运的浪费
- 不良品的浪费
- 动作的浪费
- 加工的浪费
- 库存的浪费
- 过量生产的浪费

消灭七种浪费的目标是为了“提高效率”吗？在用效率表示几个人制造多少产品这种关系时，希望牢记这一点：提高效率未必等

于降低成本。

这是怎么一回事呢？比如在一条生产线上，10个人1天制造100件产品。改造这条生产线后，提高了效率，10个人可以制造120件商品。这就是效率提高了20%。

如果正好是在产能不足时期进行这种改善，可以制定出1天生产120件的生产计划，而不必增加两个人就能完成，很清楚，成本因此而降低，增加了收益。

不过，如果市场的需要下降到每天100件或90件，会怎样呢？在这种情况下，如果因为效率提高，每天制造120件，那么，产品每天就会剩余20~30件。这样一来，不仅会出现材料购买费和劳务费的浪费，而且必须负担库存的支出。在这种情况下，如何提高效率才能降低成本呢？如果每天的需要数量是100件，可以由8个人来干。

事实上，消灭浪费只有与企业目标结合起来才有意义。

企业的目标是什么呢？企业的财务目标是赚钱。

为了实现赚钱的总目标，就产生了三个评价指标。首先是以客户需求为上限，努力生产成品，这一项我们称作增加成品产出；其次是不不断削减半成品/在制品，求得较好的投资收益率，这一项我们称作减少库存成本；再次是减少工资、设备、水电等支出，这一项我们称作降低运营费用。

企业内对七种浪费的理解，一定要与这三项目标相结合，才能产生直接的效益。

#### 一、等待的浪费

等待的浪费可以细分为4种：

第一种等待的浪费，是指因前一工序的零件尚未运达或缺等因因素，而无法进行加工作业的浪费，这种浪费在机种切换时尤其严重，很多人忙于生产所谓的“周转半成品”而使得后工序发生很长时间的等待，连交货期都跟着延长了。这就降低了“有效产出”。

第二种等待的浪费，是指机械自动地加工，加工者只站立在机械

的旁边等待所产生的浪费。这就降低了生产效率，违背了降低运营费用的目标。

第三种等待的浪费，是管理者在生产过程中作决策时等待信息所浪费的时间。这容易造成“成品产出”的降低。

第四种等待的浪费属于计划安排不当造成的浪费。常规企业常常发生这样的情况，组装一件产品需要 100 个零件，虽然已经到了 99 个，但是最后一个却迟迟未到，结果还是没有办法组装。去询问机加工车间，却被告知根本不知道这个零件是急件。这就是典型的由于计划安排不当造成的浪费。

## 二、搬运的浪费

搬运的浪费指的是由于存在不必要的搬运距离，或是暂时性的放置场，堆积更换及移动等等所产生的浪费。

搬运本身是需要人员的，这就有可能增加运营费用。自动化的搬运工具同样会花钱。然而对于一个企业来说，这点花费根本不算什么。搬运的浪费，增加了库存，增加了存货费用。这是怎么回事呢？大家都不想搬运，知道是浪费，所以常常想办法降低搬运次数，结果就把搬运的批量变大：最终导致了在制品库存增加，库存费用上升。

因此为了消除搬运的浪费，把搬运的距离缩为最短，最好取消或是避免暂时性的放置场。例如传统的作法中，零件都是从大的集运架上移至小的集运架，进而暂时放置在机械上进行加工，精益生产则要从根本上排除这些暂时性的放置（排除搬运的浪费）。

## 三、不合格品的浪费

一般传统的生产线允许存在某种程度的不合格品，精益生产认为不合格品是不能创造产品价值的浪费。一旦发生不良品，有时要增加返工的费用从而增加成本，若不良品报废时，更造成材料、人工等各种浪费，甚至增加处理报废品的善后费用。因此，企业实施精益生产强调第

一次就做好、做对，前工序绝不把不良品流到后工序，彻底避免不良品的浪费。总结一下是“不流入不良品、不制造不良品、不流出不良品”。

## 四、动作的浪费

检视制造生产线的工作人员，多有不具附加价值的无谓动作，例如为取得材料而步行的浪费，以及花费人力寻找零件所造成的浪费，丰田生产方式强调工作人员能在最短的时间、以最节省人力的状态取得生产作业所需的零件或工具，避免造成所有的动作浪费。

## 五、加工本身的浪费

所谓加工本身的浪费，例如在欠缺夹具时，工作者就必须用手按紧夹具作业，除了会造成物品的加工不顺利外，更增加了工作时间的浪费。除此，精益生产更重视的是在产品设计阶段就避免不必要的加工动作。

## 六、库存的浪费

这里的库存泛指一切原材料库存、在制品库存以及成品库存。“合理的库存”是制造业的传统观念与作法，为了避免可能造成生产停滞，库存被视为理所当然，精益生产则认为库存是由于企业管理混乱，物流不畅造成的，同时，它本身又是制造浪费的一大根源。有库存就需要建造仓库作为存放场所，然后需要工作人员使用搬运机械设备将物品搬运至仓库，设置仓储人员管理或作防锈处理，从仓库领用时生锈或有所损伤时，又需整修作业等等，都造成增加人员设备及许多额外提高成本的恶果，精益生产以降低成本为目标之一，库存的浪费与其背道而驰，是绝不允许的。

库存直接带来存货费用，更会间接引起经营费用的产生，同时会造成交期变长。正因如此，库存的问题正在逐步引起大家的重视。精益生产最大的价值是削减库存。实践证明，精益生产削减库存的成果远大于

单纯的实施一套 ERP/MRP 系统。原因在于，精益生产立足于对生产的流程再造，是一个不断主动打破现状的过程。但是实施 ERP/MRP 则不然，实施过程是一个不断修改软件系统，直到与企业现状相适应的过程。ERP/MRP 实施成功的标准被不断降低，现在已经变成了“能运行起来就好”。因此，当企业真正想要削减库存的时候，实施精益生产是首选，或者选择 JIT 与 ERP/MRP 相结合。

## 七、过量生产的浪费

过量生产包括制造太多或太早，是生产中最常见的现象，工作进度过快所造成的浪费，最容易被忽视。

有一家企业的领导对于过量生产是浪费相当迷惑。这家企业的加工部门严格按照订单生产，只生产顾客需要的数量。但是，由于加工部门的生产能力高于后续的组装部门，结果造成了大量的在制品。最初，当笔者告诉他加工部门存在典型的过量生产，他强调加工部门没有多生产一个产品，因此不可能存在浪费。实际上加工部门虽然没有多生产，但是却提前生产了，堆积起来的在制品就是证明，企业已经距离零库存越来越远了。

“人人有事做”的思想是造成“过量生产”的思想根源。企业的目标是提供给顾客成品，而不是在制品。就常规企业来说，如果每个人都尽自己最大能力生产的话，那就可以断言，这个企业必然存在大量的库存成本，同时，工厂的成品产出却不会增加。这是因为企业中各个环节的生产能力普遍不均衡，总是会有所谓的“瓶颈”存在。非瓶颈生产得快，瓶颈流不出去，必然会有库存产生。

这里，先介绍瓶颈（Bottlenecks）与非瓶颈（Non-bottlenecks）资源的概念。

任何一个制造组织都可以看作是将原材料转化为产品的系统。在这个系统中，制造资源是关键的部分。通常，制造资源指的是生产产品所需的全部资源，如机器、工人、厂房。生产是一个动态的过程，意外情况随时发生，又由于生产工艺本身的特点，使得能力的平衡在实际中极

难实现。因此，生产过程中必然会出现有的资源负荷过多，成为卡“脖子”的地方，即变为瓶颈。这样，一个企业的制造资源就存在瓶颈与非瓶颈的区别。

“非瓶颈”多生产出来的产量无益于成品出货，“非瓶颈”过分努力的结果是大量的在制品！

常规企业的领导者往往最不能忍受机器设备与人员的闲置，往往要求立刻把这些资源使用起来，认为这样就使企业的资源获得了充分的发挥。殊不知，这样的话，只是增加了在制品，只会与“零库存”越来越远。

在一个产能不平衡的企业，非瓶颈资源如果仍然尽最大能力生产的话，必然会带来过量生产的浪费。这种过量生产无助于提高有效产出，反而使得库存成本增加。这就是为什么“人人有事做”的观念常常造成过量生产的原因。

## 第四节 削减库存是消灭浪费的入手点

精益生产消灭七种浪费的原则是：通过逐步削减库存，不断暴露问题、解决问题。

生产的浪费被大致归类为七种。但是，精益生产并不主张根据问题逐一展开对策。生产现场是一个系统，系统中的各部分是互相联系、有因有果的。例如，在制品库存这种浪费的直接原因往往是过量生产。所以如果我们解决过量生产的问题，那么库存的问题也就不存在了。根据精益生产的经验，在各种浪费中，库存（包括成品与半成品，还有原材料）的浪费是一类非常复杂的浪费，消除库存的过程，会引起比较复杂的反应。因此，削减库存被精益生产赋予了特别高的优先地位，以至于精益生产将 JIT，也就是“在必要的时间，按照必要的数量，生产必要的产品”作为精益生产的本质，奉为理念。

以下这张图说明了削减库存引起的各种变化。

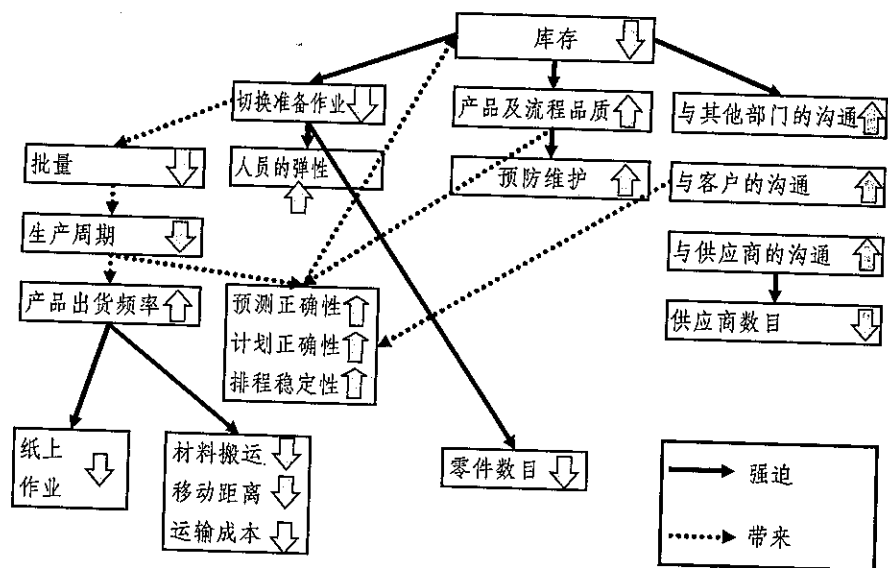


图 2.1 削减库存连锁反应图

图 2.1 中，实线箭头表示“强迫”，虚线箭头表示“带来”。在实施精益生产时，领导要求库存降低，这就“强迫”技术部门把生产切换的“准备作业”时间降低，而准备时间的降低为频繁切换提供了可能，因此“带来”了生产批量的缩小。生产批量的缩小又会“带来”生产周期的降低……。经过一番复杂的变化，整个企业的各个部门都动员起来了，所有的改善力量贯穿“降低库存”这一主线。

以降低库存为主轴，能够有效地开展消灭浪费的各项改善活动。随着库存的减少以及其他各种浪费的减少，这种改善活动带给企业的不仅仅是成本的降低，更重要的是，生产周期也获得了奇迹般的缩短。

## 第三章

### 生产周期分析

- 第一节 案例分析：刘厂长的烦恼
- 第二节 交货期与生产周期
- 第三节 利特尔法则
- 第四节 寻找影响生产周期的关键因素
- 第五节 快速大幅压缩生产周期的方法——缩小转移批量

小批量多品种的难题之中，有一些是与时间相关的。这主要包括越来越短的交货期、常常发生的紧急订单。企业为了缩短交货期，常规对策往往是增加库存。而精益生产则不然，精益生产采用削减库存的办法来缩短交货期。这其中的奥妙在哪里？

我们首先通过一个案例来加以说明。

## 第一节 案例分析：刘厂长的烦恼

刘厂长是上海瓦特工业集团的厂长。

这是一家中美合资企业，双方各出资 50%，在管理上也是如此，刘厂长代表中方负责管理公司的生产，美方经理休·肯尼迪管理公司的财务和市场。

作为一家国内阀门行业的龙头企业，瓦特集团有过自己辉煌的去。刘厂长深信，即便当时不与美国人合资，自己的工厂照样过得很好。那可真是个惬意的年代，工厂生产什么客户就要什么，即使偶尔有客户提出一些比较特殊的要求，他们也有足够的耐心等待，毕竟，是特殊的产品嘛。

但是，情况逐渐发生了变化。合资后不久，竞争对手如雨后春笋般出现。客户的订单越来越刁钻，什么要求都敢提。让刘厂长苦恼的是，休·肯尼迪似乎完全不理解生产部门的难处——他什么订单都敢接！每当刘厂长提醒美方经理自己的工厂无法这么快完成这么紧急订单的时候，肯尼迪先生总是告诉刘厂长：“刘，我们必须接，否则我们没有足够的订单！”“要你这个做市场的是白吃饭的吗？”刘厂长只能在心里大声诅咒。

对于当前的状况，刘厂长做过基本的分析。

图 3.1 是刘厂长使用的分析示意图：

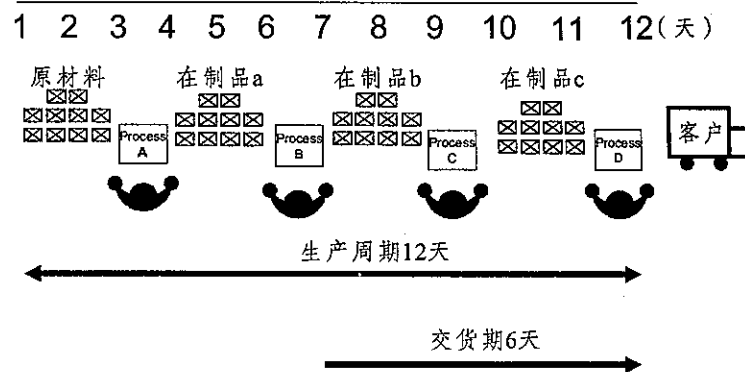


图 3.1

### 一、生产情况分析说明

第一：阀门生产主要经过 A、B、C、D 四个车间。100 个原材料经过 A 车间加工后统一送到 B 车间，然后经过 B 车间加工后再次以 100 个为一批，搬运到 C 车间，以此类推，最后变成成品。

第二：从采购原材料到生产出成品，总共需要 12 天的时间，这 12 天称之为生产周期。

第三：肯尼迪接到的订单中，大部分要求 6 天交货，这 6 天称之为交货期。

问题就在这里了，瓦特的生产周期远远大于客户对交货期的要求。

刘厂长紧皱着双眉，解决办法是有的，只是……，他似乎已经嗅到了肯尼迪会做出什么反应。

刘厂长抛出了自己制定的解决方案。

### 二、刘厂长的解决方案

方案一：增加库存

- 制造成品库存

### • 制造标准件库存

#### 方案二：提高产能

对“方案一”的说明：建立成品库存可以说是刘厂长本能的选择。如果工厂有充足的成品库存的话，那么客户就可以随时取货了。然而，越来越多的客户开始要求定做产品，每个客户的要求又都是不一样的。这样的话，工厂事先根本不知道顾客需要什么产品，那么成品库存也就无从做起了。

因此刘厂长考虑采用增加“标准件”库存的方法。如图 3.2 所示：

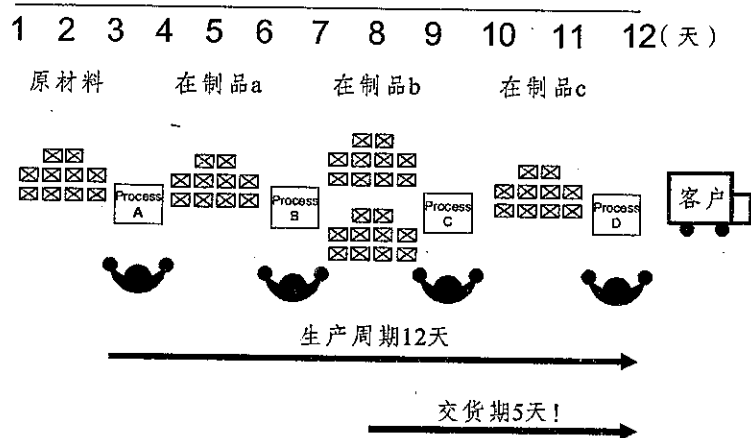


图 3.2

标准件：有一些物料具有通用性，既可以用于产品 A，也可以用于产品 B，这种具有通用性的物料称之为“标准件”。

如上图所示，原材料经过 B 车间加工以后成为“标准件”，刘厂长希望在这里增加一定数量的标准件库存。从标准件库存开始到变为成品，需要 5 天的时间。这样的话，也可以满足客户 6 天交货的要求。

“方案二”说明：增加产能也是一种可供选择的方法。很多人和刘厂长一样，认为既然产品总是生产不出来，那么我们就不断增加人力、增加设备，通过提升产能来缩短生产周期。当然，最好是深挖内部潜力，争取少花钱就达到增加产能的目的。

## 三、美方经理的意见

对于方案一，美方经理坚决不同意。理由：

第一，库存意味着巨大的风险，无论是成品库存还是标准件库存。根据预测制作出来的库存产品有没有人购买呢？因此这是一个巨大的风险。

第二，库存意味着占用大量的资金，在企业利润没有增加的情况下，投入的资金却因为库存而增加，这必然使投资收益率降低。对于一家上市公司来说，这个结果是灾难性的，几乎会立刻招致股价的下跌。

针对方案二，美方经理更是不同意。理由：

公司的销售情况不佳，在销售没有增加的情况下却要增加投入，提高产出，显然是不合理的。美方经理在现场观察到，员工与机器设备不是忙不过来，而是有时候忙，有时候闲着没事做。

美方经理的要求：

美方经理认为，现在公司效益严重下滑，而这主要是成本过高造成的。在这种情况下，公司要不断降低成本。因此，美方经理与刘厂长针锋相对的提出，当务之急是压缩库存！

## 四、刘厂长与美方经理的冲突

刘厂长被气得七窍生烟！在他眼中，美国人就只知道钱钱钱！刘厂长决心借助外力来说服美国人，因此请来了精益专家进行调研，并且把自己的想法和盘托出，希望获得精益专家的支持。

精益专家认为，在公司上层矛盾重重的情况下是无法开展工作的。因此，必须首先把刘厂长和美方经理的意见统一起来，并且找到双方冲突的根源加以解决。于是，精益专家画出了如下一张冲突说明图：

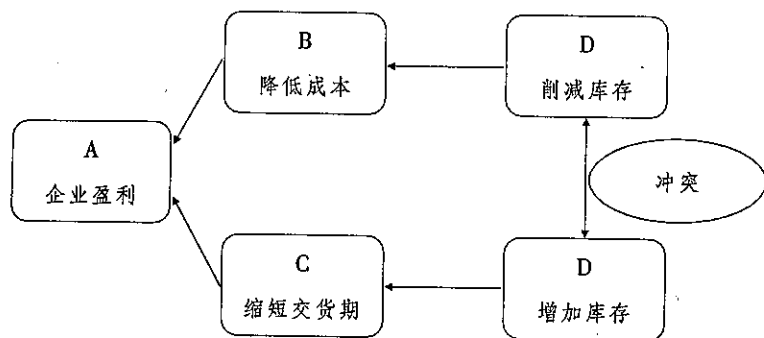


图 3.3 冲突说明图

无论是美方经理还是刘厂长，双方的总目标都是实现企业盈利。这是一个大前提。离开了这个前提，双方就完全没有办法坐到一起解决问题了。

美方经理认为，企业要盈利，就要压缩生产成本，而压缩生产成本的重要途径，就是削减库存。

刘厂长认为，企业要盈利，就要保证销售额。在顾客交期的压力之下，缩短交货期就是当务之急。而缩短交货期就要增加库存。

从图 3.3 中我们已经看到了，同样是为了实现企业盈利，一方要增加库存，一方要削减库存，矛盾冲突相当明显。那么，有无方法解决这一困局呢？

## 五、精益生产专家给出的解决方案

精益生产专家指出，可以同时实现降低库存和缩短生产周期！

精益生产专家认为，缩短交货期的途径不仅限于增加库存，缩短生产周期是另外一条途径。瓦特集团现有生产模式存在巨大缺陷，这个缺陷就是生产与转移的批量过大。例如，A 车间生产出来的产品，并不是立刻送到 B 车间，这个产品必须等待，直到凑足了一个批量才一起搬运到 B 车间。这就耽误了大量的生产时间。如果能够达到每生产一个产品就立刻送到下工序，则生产周期会极大地缩短。通过压缩转移批量

压缩生产周期的道理如图 3.4 所示：

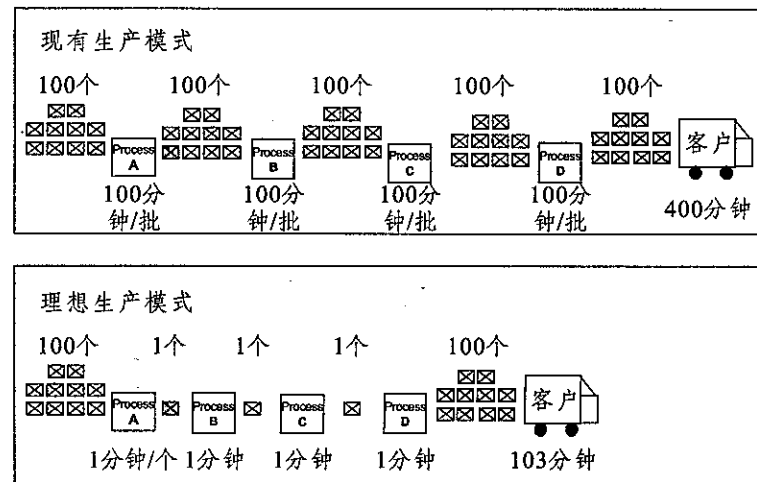


图 3.4 一个流缩短生产周期示意图

如图 3.4 所示，现有生产模式下，每道工序的生产能力是每分钟加工一个产品，客户订单为 100 个产品。当一个产品被 A 工序加工后是不是马上转移到 B 工序了呢？不是，这个产品必须要等待 99 分钟，等其他 99 个产品也加工完后再才一起转移到 B 工序。因此，100 个原料经过 A 工序需要 100 分钟。依此类推，从原材料到成品，一共需要 400 分钟的时间。

而在理想生产模式下，第一个原料经过 A 工序以后没有等待，直接就开始在 B 工序上加工。这样的话，4 分钟以后，第一个产品就生产出来了，在其后的时间里，每隔 1 分钟就有一个产品被生产出来，因此，99 分钟后，最后第 100 个产品也已经生产完毕了。于是，生产这 100 个产品，总共用去了 103 分钟。

这就是精益生产的基本原理之一：在制品库存越少，生产周期就越短；而生产周期越短，交货周期就越有可能缩短。

听完精益专家的解释，对于这种所谓的理想生产模式，刘厂长有似曾相识的感觉。只是，这种模式能成功吗？刘厂长将信将疑。

公司内最近的生产模式也在发生改变，常常出现紧急订单冲击批量



转移的情况。在被顾客逼急了的情况之下，跟单员拼命催促生产单位，哪怕只加工出来少量的产品，也被迅速地转移到下一个工序。因此可以说，公司现存两种生产模式，一种是常规的批量转移模式，另外一种则是精益专家的所谓“理想模式”，只是，这种理想模式在工厂内一般是作为应急方法来看待的，一旦顾客放松了交期方面的要求，工厂生产就立刻又转回了“正轨”，一下子又恢复了批量转移的常态。

## 六、新型生产模式

精益专家认为，实施精益生产，可以首先建立一条这种新型生产线，然后总结经验，把这种新的生产线推广到全厂。这种新的生产线，称之为“单元生产线”，美国人称之为“work cell”。

单元生产主要从三个方面来实施：

第一，布局。把所有能够放置到一起的机器设备、人员、加工工具按照工艺顺序流水化布局。

第二，多能化培训。通过教育培训，使得一位作业员能够掌握多项技能，每位作业员都能够从头到尾的把一个产品生产完成。

第三，在制品最少。减少中间在制品，消灭周转库存。



图 3.5 改善前状态图



图 3.6 改善后状态图

如图 3.5 所示，改善前：本工序与下工序间距离很远；人员技能单一；生产出一整车的在制品后才推送到下工序。

如图 3.6 所示，改善后：大部分工序在布局上连接到了一起；每位作业员都掌握多种技能，能够独立完成整个产品的作业；每加工出一个产品以后，该产品立刻转入下一道工序加工。

## 七、改善成果

通过实行精益生产，工厂取得了很好的成绩：生产周期缩短了 58.33%；在制品库存减少了 82.11%；另外，由于在改善过程中大量采用了 IE 方法，使得人员的生产效率提高了 32.39%。

表 3.1

改善效果

项 目	改善前	改善中	变化量	变化率
生产周期	12	5	7	58.33%
WIP 库存	11596	1863	9522	82.11%
人员	71	48	23	32.39%

从交期角度来讲,客户要求6天交货,而工厂现在5天就能够把货物生产出来,因此客户的要求得到了满足。

从财务角度讲,大量削减在制品库存,使得库存占用的资金获得解放,从而大幅地改善了公司的财务状况。

整个项目,无论是刘厂长还是美方经理都非常满意,认为终于找到了解决问题的根本之道。公司领导坚定信心,从此以后,瓦特集团走上了精益之路!

## 第二节 交货期与生产周期

实施精益生产最直接的效果,就是能够迅速压缩生产周期,从而缩短交货期。什么是交货期?什么又是生产周期?二者之间有何关系?这就是本节讨论的内容。

### 一、缩短交货期是企业面临的一大课题

所谓交货期,指的是从顾客发出生定单到收到产品的时间间隔。为了使客户对工厂的服务满意,我们一般要在三个方面努力,分别是:Q (Quality): 品质; C (Cost): 成本; D (Delivery): 交货期。

其中,品质与成本这两项,是传统的竞争要素,自从人类有生产活动以来就一直为生产企业所重视。

而从20世纪90年代开始,交货期也变成了一项活跃的竞争要素。

因此企业要想赚钱,就要想方设法使自己的产品能够比别人的产品早上市,能够领先几个月。在这种情况下,市场会给生产工厂很大的交货期压力。

因此提前1个月就发出生定单的情况会越来越少。而半个月,甚者要求七八天就交货的情况会越来越多。对常规企业来说,这种趋势带来了令人头疼的问题,这就是紧急订单以及由紧急订单而引起的计划变

更、生产切换等等一系列问题。

是什么使得“紧急订单”出现呢?

- 第一原因: 交货周期比客户要求的交货期长;
- 第二原因: 订单出现变更, 但是产品已经投入生产了。

如果工厂的生产体制没有相应改变,还是一个交月交货期的体制,而越来越多的客户要求十天或者半个月交货,那么工厂里的“紧急订单”就会越来越多,生产现场烦恼不堪,客户还不满意。

那么究竟怎么解决“紧急订单”问题呢?

常规企业的解决办法: 一般是打乱生产线的正常生产, 给紧急订单优先权, 一切让位于紧急订单。为了做到这一点, 很多工厂出现了“调度”这样一种工作, “调度员”跑遍全工厂, 按照自己认为合理的生产顺序组织生产。另一些工厂则对“紧急订单”的相关物料做特殊标记, 要求对这种标记的物料做优先处理。但是这些方法都无法从根本上解决“紧急订单”问题, 因为这种依靠调整生产优先顺序的做法都无法使所有顾客满意。客户会发现交货时间有长有短, 有时对于一个订单, 5天就能收到货, 有时却要等上20天。

根本原因在于, 实际生产周期太长了。

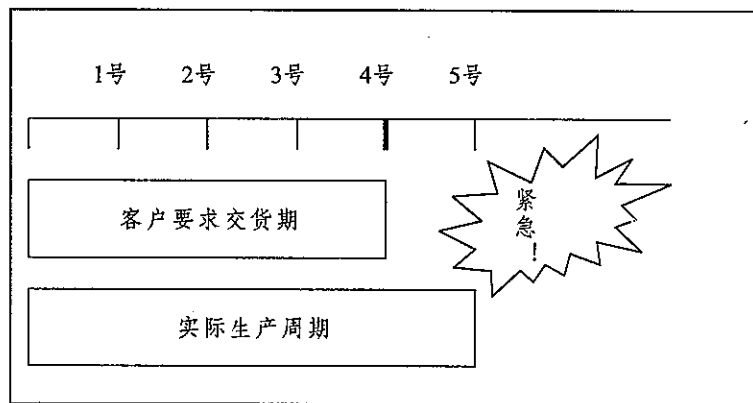


图 3.7 紧急订单的第一个原因：实际生产周期太长

如图 3.7 所示, 客户要求 4 号交货, 但是, 现有生产体制之下,

一般要到5号才能交货。在这种情况下，“紧急订单”这样一个异常情况就出现了。

作为生产管理者，从根本上解决问题的办法，就是要把标准的交货周期缩短，缩短到比“紧急订单”要求的交货期还要短。

## 二、交货期与生产周期的关系

首先让我们看一看交货时间的构成。

从物流角度来看，交货时间由两部分构成：

- 采购周期。这段时间，属于所谓的“厂外物流”。
- 生产周期。这里是指从开始生产到发货的时间。

因此，交货期 = 采购周期 + 生产周期

其中，生产周期又可以细分为：

- 排队与等待时间。从这段时间开始，进入了“厂内物流”状态，物料到达生产工厂以后，不可能直接进入生产状态，一定会有等待。
- 加工时间。

理解这一点非常重要，因为事实上，对大多数企业来说，在生产周期中，只有不到10%的时间属于真正用来加工的时间，而剩余90%的时间都是在等待中浪费。

为了压缩交货周期，可行的办法就是压缩生产周期；

为了压缩生产周期，可行的办法就是压缩等待时间；

为了压缩等待时间，可行的办法就是压缩在制品库存。

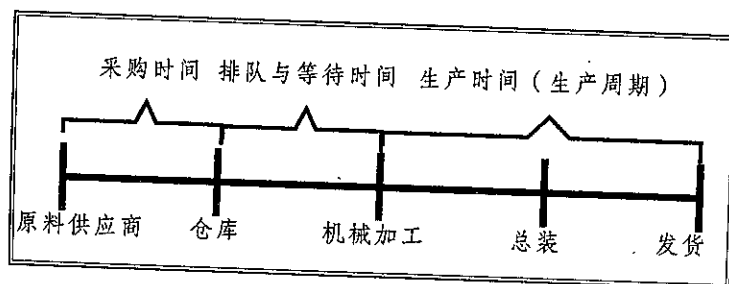


图 3.8

在生产计划与控制领域，我们用“提前期”来统一描述采购周期、生产周期等等这些时间概念。

## 三、缩短生产周期是根本解决之道

所谓生产周期，是指从原材料进入工厂到成品流出工厂的时间间隔。缩短生产周期会给工厂带来什么好处呢？首先这会减少顾客的等待时间，这一点显而易见；其次是这会减少紧急定单带给工厂的冲击。对于这一点，让我们用一张简图来加以说明：

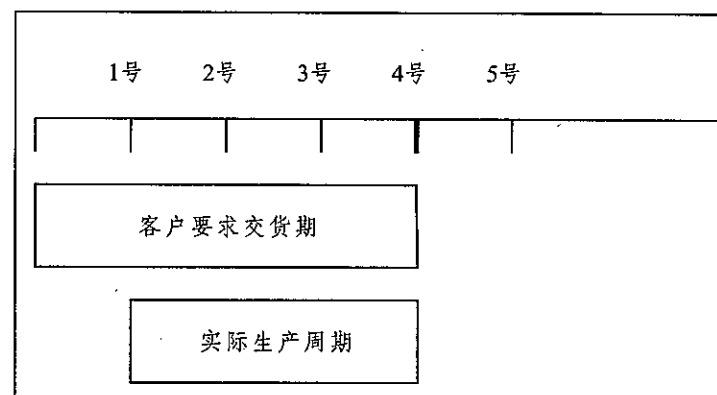


图 3.9

如图 3.9 所示，客户仍然要求4天交货，但是，我们实际生产周期只用了3天，在这种情况下，就不存在紧急定单的异常状况了。

紧急定单会引发计划变更，这是一件不容易控制的事情，当这种变更来自于客户方时更是如此。只要在投产后出现计划变就会造成损失。因此，如果我们拥有一个很短生产周期的体制，我们在安排生产计划时就不必提前很长时间安排生产，我们只需要在顾客要求交货的数日之内安排生产就可以了，这就使得出现损失的几率大大降低。

### 第三节 利特尔法则

利特尔法则是一个有关提前期与在制品关系的简单数学公式，这一法则为精益生产的改善方向指明了道路。

#### 一、什么是提前期 (Lead Time)

从客户给工厂下订单，到工厂交货，一定会有一个提前量，这个提前量，就是 Lead Time。

Lead Time：前置时间、提前时间、提前期，即为完成某项目标而花费的流程时间。

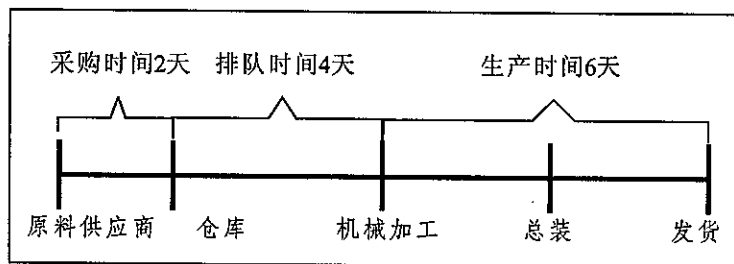


图 3.10

如图 3.10 中，已知：生产需要 6 天时间；排队需要 4 天时间；采购需要 2 天时间。因此，为了准时发货，就需要：发货前 6 天开始生产，提前期为 6 天；生产前 4 天物料纳入仓库，提前期为 4 天；纳入仓库前 2 天向供应商发货，提前期为 2 天。

常用 Lead Time 有三种：制造 Lead Time、验收 Lead Time、采购 Lead Time。

举实例如图 3.10 所示，对以上三种 Lead Time 加以说明。

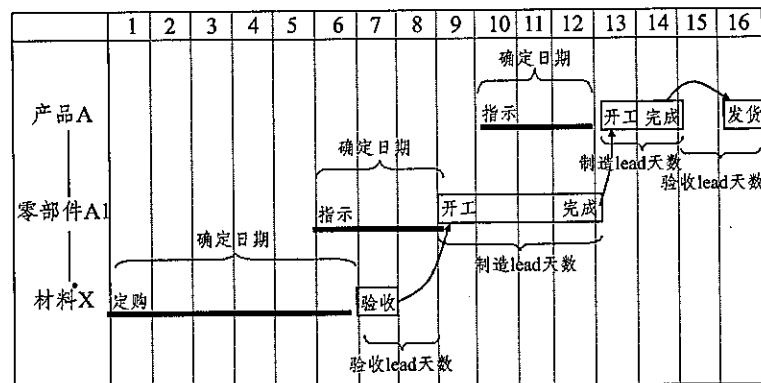


图 3.11

1. 材料 X 加工成零件 A1，零件 A1 加工成产品 A。各部件的生产计划如图 3.11 所示：

- ① 让产品 A 在发货前 2 天完成生产。（验收 lead 天数=2 天）
- ② 产品 A 在完工日的前 2 天开工。（生产 lead 天数=2 天）
- ③ 产品 A 的生产指示在完工日的前 3 天提出。（确定日期=3 天）
- ④ 让零件 A1 在产品 A 开工的前 1 天完成生产。（验收 lead 天数=0 天）
- ⑤ 零件 A1 在完工日的前 4 天开工。（生产 lead 天数=4 天）
- ⑥ 零件 A1 的生产指示在完工日的前 3 天提出。（确定日期=3 天）
- ⑦ 材料 X 在零件 A1 开工的前 2 天进行验收。（验收 lead 天数=2 天）
- ⑧ 材料的定货单是在验收的 6 天前提出的。（确定日期=6 天）

2. 制造 Lead Time、验收 Lead Time、采购 Lead Time 的意义

① 制造 lead 天数，也称生产提前期、生产周期，即从开工开始到完成为止所需的天数。

② 验收 lead 天数，也称验收提前期，即发货、卸货日前进行验收

所需的天数。

对产品而言,是指发货前几天进行验收的天数。对中间工序而言,是在后工序可以使用(后工序开工日)前进行验收的天数。

在后工序开工日前一天完成就可以的时候,验收 lead 天数为 1 天。在本工序结束后,必须放置 1 天进行冷却的情况下,验收 lead 天数应当为 2 天。但是,在本工序包含冷却时间在内,已经计算在生产 lead 天数之内的情况下,验收 lead 天数为 1 天。

在从外部供应商购买原材料的情况下,lead 天数是指在这个零部件进入生产现场前进行验收所需的天数。

③ 确定日期。也可以称之为指令提前期。是指从发出指令开始到指令执行所需的天数。

公司内部作业的时候,在该工序的开工日的当天发出作业指令的情况下,确定日期与生产 Lead Time 重合。在该工序的开工日的前 1 天发出作业指令的时候,确定日期=生产 lead 天数 + 1,大前天发出作业指示的时候,确定日期=生产 lead 天数 + 2,以次类推。

简而言之,生产指示在执行日几天前提出,确定日期就是几天。

如:生产现场在星期五根据作业指令进行生产时,

如果是星期四发出的作业指令,确定日期即为 1 天。

如果是星期三发出的作业指令,确定日期即为 2 天。

如果是星期二发出的作业指令,确定日期即为 3 天。

相反,如果要求星期五生产现场就必须根据作业指令进行生产,

确定日期为 1 天时,可以知道是星期四发出的指令。

确定日期为 2 天时,可以知道是星期三发出的指令。

确定日期为 3 天时,可以知道是星期二发出的指令。

### 3. Lead Time 的表达方式

通常以表格的方式表达 Lead Time,如表 3.2 所示:

生产 Lead Time,验收 Lead Time,确定日期如下表:

表 3.2

号码	生产 Lead Time	验收 Lead Time	确定日期
A	2	2	3
A1	4	0	3
X	0	2	6

### 4. 例题

如表 3.3 所示的产品构成和生产时间,其生产 lead 天数,验收 lead 天数,确定日期是多少?

表 3.3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A															
A1															
X															
A2															
Y															

答案:

表 3.4

号 码	制造提前期	验收提前期	确定日期
A	1	0	0
A1	2	0	1
X	1	1	5
A2	4	1	1
Y	1	0	6

答案如表 3.4 所示, A 的确定日期是 0; A1 的确定日期是 1; X 的确定日期是 5; A2 的确定日期是 1; Y 的确定日期是 6。

## 二、利特尔法则

利特尔法则的英文原称是: Little's Law

利特尔法则的内容:  $\text{Lead Time} = \text{存货数量} \times \text{生产节拍}$

所谓存货,是指生产系统内的原材料、在制品;存货数量即是原材料、在制品的数量。

所谓生产节拍,是生产能力的一种表达方法,含义是每生产一个产品所需要的时间。例如,我们可以说一台机器的生产能力是每小时生产 60 个产品,我们也可以换一种说法,称这台机器每生产一个产品需要 1 分钟,这样,我们就称这台机器的生产节拍是 1 分钟。

下面举例来说明利特尔法则的用法。

例题 1:

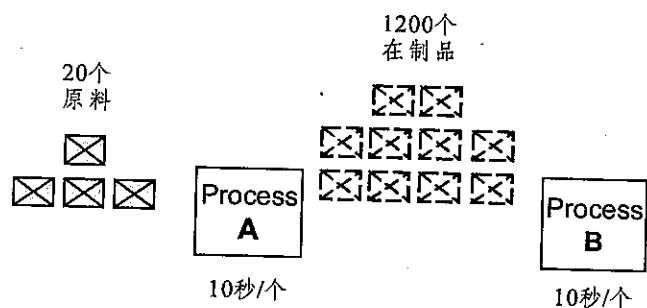


图 3.12

如图 3.12 所示,

已知:

客户订单为 20 个产品;

生产流程中,中间周转库存为 1200 个在制品;

主要生产工艺有两个,分别是 A 和 B。A 与 B 的生产节拍相同,都

是 10 秒钟生产一个产品。

求解:

在不允许调整生产顺序的情况下,生产这 20 个产品的生产周期是多长?

解答:

生产周期 = 存货数量  $\times$  生产节拍

存货数量 = 原材料数量 + 在制品数量

= 20 + 1200

= 1220 (个)

生产节拍 = 10 (秒/个)

生产周期 = 1220  $\times$  10

= 12200 (秒)

答:从原材料到成品产出的生产周期为 12200 秒。

例题 2:

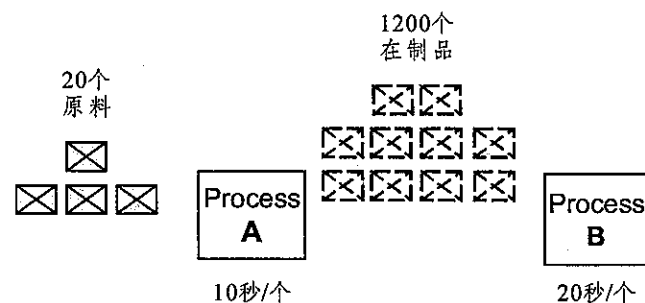


图 3.13

如图 3.13 所示,

已知:

客户订单为 20 个产品;

生产流程中,中间周转库存为 1200 个在制品;

主要生产工艺有两个,分别是 A 和 B。A 与 B 的生产能力不同, A 工序 10 秒钟生产一个产品, B 工序 20 秒钟生产一个产品。

求解：

在不允许调整生产顺序的情况下，生产这 20 个产品的生产周期是多长？

解答：

生产周期 = 存货数量 × 生产节拍

存货数量 = 原材料数量 + 在制品数量

$$= 20 + 1200$$

$$= 1220 \text{ (个)}$$

生产节拍 = 20 (秒/个)

生产周期 = 1220 × 20

$$= 24400 \text{ (秒)}$$

答：从原材料到成品产出的生产周期为 24400 秒。

说明：A 工序的生产能力是 10 秒一个，B 工序的生产能力是 20 秒一个。二者相比较，B 工序的生产能力较低，是瓶颈之所在。因此，整个生产系统的生产能力由瓶颈决定，系统的生产节拍是 B 工序的 20 秒。

例题 3：

生产节拍：1 秒/个

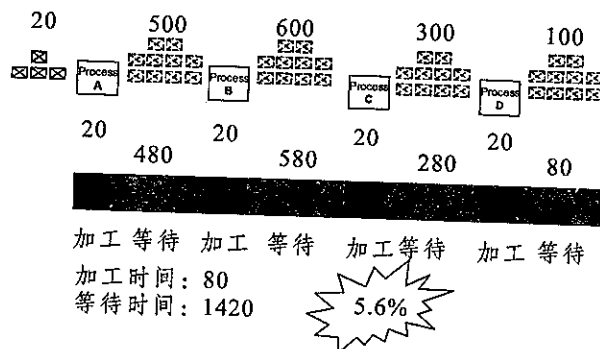


图 3.14

如图 3.14 所示，  
已知：

客户订单为 20 个产品；

生产流程中，中间周转库存分别为 500、600、300、100 个在制品；

主要生产工艺有两个，分别是 A、B、C、D。A、B、C、D 的生产能力相同，都是 1 秒。

求解：

在不允许调整生产顺序的情况下，生产这 20 个产品的生产周期是多长？

真正用于加工这 20 个产品的加工时间有多长？

解答：

生产周期 = 存货数量 × 生产节拍

存货数量 = 原材料数量 + 在制品数量

$$= 20 + 500 + 600 + 300 + 100$$

$$= 1520 \text{ (个)}$$

生产节拍 = 1 (秒/个)

生产周期 = 1520 × 1

$$= 1520 \text{ (秒)}$$

答：从原材料到成品产出的生产周期为 1520 秒。

解答：

A 工序加工时间 = 20 (秒)

B 工序加工时间 = 20 (秒)

C 工序加工时间 = 20 (秒)

D 工序加工时间 = 20 (秒)

合计 = 20 + 20 + 20 + 20

$$= 80 \text{ (秒)}$$

答：真正用于加工这 20 个产品的加工时间为 80 秒。

说明：

从例 3 中我们可以很清晰地看到，真正用于加工的时间仅仅有 80 秒，然而总的生产周期却要 1520 秒！那么，其余的 1440 秒都跑到哪里去了呢？都在周转库存里睡大觉！读者不妨追踪一个客户的订单，看看是不是绝大部分的时间都在等待！

说明:

回顾一下利特尔法则:  $\text{生产周期} = \text{存货数量} \times \text{生产节拍}$ 。

那么, 如何有效地缩短生产周期呢? 利特尔法则已经很明显地指出了方向。一个方向是提高产能, 从而缩短生产节拍; 另一个方向就是压缩存货数量。

通过例3 我们看到, 生产出来的产品不能及时转移到下一个工序, 是造成生产周期过长、在制品数量过多的最主要原因, 因此想方设法压缩在制品是我们缩短生产周期的最重要手段。

第二个压缩生产周期的方法是提高产能、缩短生产节拍。然而, 提高产能往往意味着增加很大的投入。另外, 生产能力的提升虽然可以缩短生产周期, 但是, 生产能力的提升总有个限度, 我们无法容忍生产能力远远超过市场的需求。一般来说, 每个公司在一定时期内的生产能力是大致不变的, 而从长期来看, 各公司也会力图使自己公司的产能与市场需求相吻合。

因此, 最有效地缩短生产周期的方法就是压缩在制品数量。

### 三、影响生产周期的因素

在制品与生产周期, 是一个问题的两面。在制品多, 生产周期就长, 在制品少, 生产周期就短。造成在制品存在的原因是多种多样的, 因此, 使得生产周期较长的因素也是多种多样的。

在 MRP 或者 ERP 的运算逻辑里, 错误地假设 Lead Time 是一个定值。在进行 MRP 计算时, 输入交货期, 再设定各个阶段的 Lead Time, 就可以输出采购日期和生产日期等一系列指令了。

然而, Lead Time 是一个定值的假设是不成立的。

根据利特尔法则:  $\text{Lead Time} = \text{存货数量} \times \text{生产节拍}$ , 我们很清楚地知道, Lead Time 不是一个定值, 而是受一系列因素影响的函数。一系列因素影响着存货数量和生产节拍, 又最终影响了 Lead Time。这些因素主要有:

- 生产/转移批量大小;

- 订单的优先顺序;
- 生产切换时间;
- 加工工艺本身需要的时间 (例如老化时间);
- 生产能力;
- 已经投入的任务数量;
- 一天内工作时间的长短。

经过对生产现场的调查发现, 上述各因素都存在可改善的空间。

其中,

- 生产/转移批量大小;
- 已经投入的任务数量;
- 一天内工作时间的长短。

这三个因素的改善空间尤其可观。其中, “生产批量” 对生产周期的影响正在受到越来越多的认同。许多优秀的 MRP、ERP 系统管理员为了缩短生产周期, 会采取 “把一个大订单拆分为若干小订单” 的做法, 与缩小 “生产批量” 的原理正是不谋而合的。再有, 许多优秀外资企业拼命压缩库存, 甚至追求 “零库存”, 从成本角度讲, 这种压缩已经不会给公司带来什么明显的效益了, 为什么还是这么执着呢? 答案还是在于压缩库存能缩短生产周期!

### 四、一个流

日本与中国内地所说的 “一个流”, 中国台湾地区所说的 “一物流”, 都是指在制品最少, 生产批量和转移批量只有一个。

“一个流” 是与 “批量流” 相对应的概念。工序与工序之间, 如果每凑足一定批量才进行物流转移的话, 称之为 “批量流”。如果上工序加工完一个产品之后, 立即运送给下工序的话, 称之为 “一个流”。

“一个流” 是我们能够削减在制品的最小限度。

观察利特尔法则我们容易知道, 在制品越少, 则生产周期越短。因此, 为了求得生产周期最短, 我们追求能够实现 “一个流” 的生产方式。



## 第四节 寻找影响生产周期的关键因素

已知我们生产 A 产品需要 2 天时间,那么,A 产品的生产提前期就是 2 天。容易理解,为了测量生产提前期,我们测出生产的流程时间就可以了。实践中,主要有三种测量提前期 (Lead Time) 的方法,分别是:试流法、试错法、运用利特尔法则计算法。三种方法各有自己的特点,但第三种计算法以其快捷、科学而备受推崇。

### 一、试流法

#### 1. 步骤

第一步:选定要测量的流程;

第二步:选择要经过该流程的物料;

第三步:对该物料加上特殊标记;

第四步:记录该物料的流程时间——提前期。

#### 2. 要点

保证该物品不会被特殊对待,时刻紧盯住这个物品。

#### 3. 缺点

耗时长。可以想象,如果有一个流程的提前期是 30 天,那不是要等上 30 天吗?

#### 4. 优点

深入现场。由于必须时刻紧盯住这个物品,以防止物品消失,必须深入现场,从而真正体现了“现场现物”的精神。

## 二、生产提前期的生产现场测算方法

上一节已经讲过,“提前期”不是大家在办公室里设定出来的。那么我们如何知道一个产品的生产提前期呢?

### 1. 试错法

曾经有一位 ERP 系统管理员用过这样的办法:不断尝试着设定“提前期”参数,5、4、3,一直到有一天,他把参数设到了 2,生产现场告诉他说“停产啦!”于是,这位朋友再把参数设成“3”。

试错法的缺陷:

这当然也是一个设定参数的办法。不过这个办法是有缺陷的,首先,这会给现场带来破坏,其次,这种作法把生产现场看成了“黑箱”,猜测“黑箱”最好的结果,也无非就是“猜对了”,如果用这种方法来寻找改进机会可能是太痛苦了。例如,生产现场的实际生产周期是 4.2 天,经我们猜测,我们成功地猜出来了,但是,这 4.2 天中,有 3 天是可以压缩的,但是需要以减少生产批量的方法才能达到,对于这一点,无论如何也猜不对了。

### 2. 流程分析法

在这里,介绍一个既能了解生产周期现状,又能知道改善潜力的工具:流程分析。这种方法起源于工业工程中的“制品工程分析”,区别之处在于,“制品工程分析”的目的一般是降低人工成本,而“流程分析”的目的在于缩短流程时间。

首先让我们认识一下流程分析的符号:

“▽”表示等待,不但不会产生任何价值,而且使得生产周期变长,是我们要消灭的对象。

“⇒”表示搬运,这个步骤不会产生任何的价值。

“○”表示各种作业,是给产品增加附加价值的部分。

“◇”表示检查工序。这里把检查和作业区别开来,是因为检查本

身没有附加价值,然而却很难直接消除,因此特别标示出来,留待以后逐渐消除。

流程分析法使用的表格:直列型流程分析表

表 3.5 直列型流程分析表

分析人员:刘小迪		分析对象:5437					分析时间:2004/04/11				
编号	流程步骤	加工		搬运			检查		停滞		
		○	时间 (秒)	➡	时间 (秒)	距离 (米)	◇	时间 (秒)	▽	时间 (秒)	数量 (个)
1	移动到钻模			●	0.16	5					1
2	把电线联结到钻模上	●	15								1
3	把电线装入封套	●	3								1
4	缠塑胶带	●	20								1
5	放入台车	●	0.3								1
6	暂时放置不动								●	2	1
7	送到配电盘钻装台			●	2	0.16					1
8	临时放置								●	2	1
9	安装配电盘	●	0.9								1
10	暂时放置								●	3	1
11	运到第一号检查台			●	2	0.16					1
12	在第一号检查台检查						●	5			1
13	临时放置								●	5	1
14	送到组装台			●	2	0.16					1
15	组装加工零件	●	3								1
16	临时放置								●	10	1
17	送到第二号检查台			●	3	0.16					1
18	在第二号检查台检查						●	5			1
19	临时放置								●	60	1
20	移动			●		5					1
21	储存								●		1
时间合计	143.4		42.2		9.2			10		82	
距离合计	10.6					10.6					
数量合计	21										21
			时间		时间	距离		时间		时间	数量

直列型流程分析表的使用步骤:

#### 第一步:预备调查

流程分析的第一步,就是要针对分析对象,展开一系列的预备调查,以便更好地进行流程分析。

流程分析的预备调查主要包含以下项目:

- ① 被调查产品在生产流程中的实际步骤,包含移动、等待这些步骤。
- ② 周转库存的标准数量。
- ③ 各步骤所用的时间。
- ④ 产品移动的距离。

#### 第二步:填写直列型流程分析表

考察工程中每一工序的作业特性,将其进行分类,归入加工、搬运、检查、停滞四项流程类别中,并分别使用相应的工程符号记入流程分析表。

第三步:测定各工序的必需项目,并把相应的数值记录在流程分析表中

要记录的数值包括时间、距离、数量三项。这三项都要经过实际的测量和计算才能得出。又因为三项之中的时间一项,正是我们所需要的 Lead Time,因此,这一步骤是流程分析的重中之重。

#### 第四步:对测定结果进行整理

将项目测定的结果记录到流程分析表中后,就可以针对结果进行整理分析,做一份整理表。

整理时,应该注意在所有的项目中,只有加工改变了制品的属性,给制品增加了价值,其他的搬运、检查、停滞等都没有给制品增加价值,这些方面所花费的时间应作为重点削减的对象。当然,加工方面如果能以更快速、更轻松的方式进行,也是应该动脑筋的。

### 三、运用利特尔法则计算生产周期

回顾一下利特尔法则的公式:

$$\text{Lead Time} = \text{存货数量} \times \text{生产节拍}$$

因此,如果想要快速地计算出生产周期,只需要知道两个量:一是存货数量,另一个则是以生产节拍表达的生产系统生产能力。

例题 1: 求解图 3.15 所示生产系统的生产周期

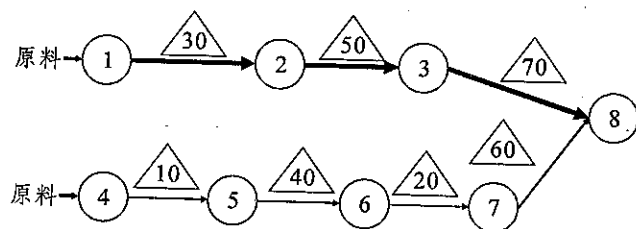


图 3.15

符号说明:

- ① 表示工序, 其中的“1”代表“工序 1”
- △30 表示在制品数量, 其中“30”代表“30 个在制品”
- 表示工艺顺序

计算说明:

从图中我们可以看出, 第 1、第 4 号工序为原料加工工序, 第 8 号工序为成品加工工序。

存货数量: 沿着 1、2、3、8 这条路线共有  $30+50+70=150$  个在制品

沿着 4、5、6、7、8 这条路线共有  $10+40+20+60=130$  个在制品

在制品数量越多, 生产周期越长。因此, 1、2、3、8 这条路径为生产周期最长的路径。整个生产系统的生产周期是由最长路径决定的, 因此, 图示的生产系统存货数量按照 1、2、3、8 这条线路计算, 我们采用  $30+50+70=150$  个在制品。

存货数量 = 150

生产节拍: 前面已经提到, 生产节拍是生产能力的一种表达方式。在实际生产中我们知道, 各个工序的生产能力都是不同的。那么, 作为整个生产系统来说, 究竟采用哪个工序的生产能力作为标准呢? 当然是采用瓶颈工序的生产能力作为标准。

生产节拍 = 瓶颈工序的生产能力

## 第五节 快速大幅压缩生产周期的方法——缩小转移批量

从利特尔法则我们导出了一个流概念, 一个流是我们达成的最小在制品库存生产状态。如果能大幅压缩在制品, 实现一个流, 则生产周期必然能够大幅压缩。

实现一个流的必经之路就是压缩转移批量。

所谓转移批量就是产品每次从一道工序搬运到下一道工序的批量大小。例如有一项生产任务, 它的生产批量为 100 件, 如果必须等到这 100 件产品全部生产完毕后才一起搬运到下一个工序, 那么转移批量就是 100。但我们可以换一种方法, 我们可以在完成 20 件产品后就搬运到下一工序, 那么转移批量就是 20。由此可见, 转移批量越大, 则搬运次数少, 相反, 转移批量越小则搬运次数多。由此读者就可以明白了, “生产批量”与“转移批量”是两个不相关的概念。为了提高生产能力, 我们往往放大生产批量, 但是, 转移批量的大小与生产能力无关。从生产能力的角度考虑, 转移批量小到什么程度都没有关系。与转移批量有关的是搬运次数, 转移批量太小了, 搬运次数就会大幅增加。

缩小转移批量并不存在技术上的障碍, 完全是一种简单的生产管理方法。因此通过缩小转移批量的方法, 工厂就可以在短时间内达成大幅缩短订单的制造时间的目标。

其实, 缩小转移批量对各工厂并不陌生, 只是常规企业把它视作解决紧急订单的法宝。例如正常情况下需要一个星期才能出货的工作, 在管理者的督促下, 只需要半天就可以完工。这是一个非常矛盾的现象, 一个可以大幅压缩生产周期的方法, 为何平时不拿出来使用, 而只在发生紧急订单时才敢用呢?

在常规企业中, 不是管理者不愿意使用, 实在是管理技术上有障

碍。从技术角度看,工厂要采用压缩转移批量来达成一个流,必须具备下列4个条件:

### 1. 搬运距离短

压缩“转移批量”会增加搬运的浪费,这一结论的前提条件是工序与工序之间的距离较长。如果工序与工序之间距离很短,那么自然可以做完一个产品立刻交给自己的后工序,而不必担心搬运浪费的问题。然而,常规企业往往采用按设备功能布局的方式,在不改变布局的情况下强行实施一个流的话,虽能收到缩短生产周期之利,也会留下人力浪费之害。

### 2. 生产能力平衡

如果生产能力不平衡的话,即便我们压缩了转移批量,效果也不会很好。生产能力不平衡,则瓶颈明显存在。压缩转移批量以后,产品迅速向下流动,然而却被堵在了瓶颈工序的前面。因此,只有平衡生产能力,压缩转移批量才能取得最大的效果。

### 3. 不可以产生混料的问题

由于缩小转移批量是分很多次把同一个订单的产品往后工序转移,所以一个工序前的在制品可能会有来自不同工序及订单的产品。由于这种分散的产品管理起来比整批产品的管理更为复杂,所以混料的机会自然比较大。如果在工序前只有一、二批货时,并且5S做得比较彻底的话,就不会有混料的问题。但是如果是常规企业,工序前在制品很多时,混料的机会会大大增加,从而增加管理的复杂性。

### 4. 不可增加生产进度的复杂性

常规企业用来跟进或控制生产进度的手段,要么是人工作业,要么是电脑系统。无论哪种方式,都是以一个批次或者一张生产任务单为控制单位,如果使用缩小转移批量,会使同一批次或者同一生产任务单的物料散落在各个工序上,会导致目前的管理系统失效,增加管理难度,

管理资料急速增加。

以上4个条件,不是常规工厂能够实现的。但是在精益生产工厂里,精益生产的实施者通过一种称作“单元生产”的方式,达成了上述条件,使得工厂生产周期大幅压缩。

## 第四章

### 单元生产原理

- 第一节 什么是单元生产
- 第二节 单元生产缩短生产周期
- 第三节 单元生产的三种不同类型
- 第四节 单元生产的三种共性
- 第五节 单元生产的特点

为了迅速有效地压缩生产周期，我们要压缩在制品数量，达成一个流的物流状态。在精益生产的工具集里，有许多工具，从不同的层面来实现这一目的。其中，单元生产就是从现场生产线设计层面来达到压缩在制品的目的。当然，压缩在制品只是单元生产的目标之一。

单元生产是精益生产的核心模块。在小批量、多品种的大环境下，是当代最新、最有效的生产线设置方式之一。配合相应的计划控制方法和效率提升技术，企业面临的缩短交货期、降低生产成本、快速转产等问题可从根本上得到解决。

单元生产线虽然拆除了传送带，但是，却继承了流水线的一切优点，同时能够适应小批量、多品种的苛刻要求，因此，被誉为“看不见的传送带”。

#### 第一节 什么是单元生产

我们不妨把单元生产看成是一种生产线设置技术。

当前工业界，主流的生产线设置方法有三种：

- ① 传送带流水线设置
- ② 按照设备类型布局，这种布局设置方法常见于机加工行业
- ③ 单元生产

##### 一、单元生产的三要素

为了充分理解单元生产的特点，首先让我们来了解一下传统生产方式的特点。

传送带方式，广泛应用在组装行业，其特点是：

- 工位按照工艺顺序排列;
- 采用传送带作为工位间的连接工具;
- 每位工人负责一段固定的工作。

按照设备类型布局的特点:

• 按照设备类型分为不同车间,例如:车床和车床在一个车间、铣床和铣床在一个车间;

• 车间与车间之间存在大量搬运作业,一般有专门的搬运工人与搬运工具;

• 每位作业员负责一台固定的机器设备。

与传送带流水线和按照功能布局相比,单元生产具有三个明显的特点:

- 机器设备与工具按照工艺顺序进行流水化布局;
- 员工是多能工,能够操作多台设备;
- 工序间的在制品最少。

## 二、专业分工的利弊

单元生产方式,是对传统生产方式的颠覆。

传统上,我们总是认为,为了提高效率,要尽可能地进行分工作业。例如组装一台汽车:如果一个人独立负责组装一台车的话,那么效率就低,如果很多人进行分工合作,每个人只负责组装一部分的话,那么效率就会提高。因此,对于任何作业,我们总是尽可能地进行工作细分。

传统分工方法对于在短期内迅速提高工人的熟练程度是非常有帮助的。但是,分工过细同样带来了负面影响,在诸多负面影响中,最重要的就是大量在制品的出现。通过前面的学习,相信大家已经明白了,大量在制品意味着生产周期过长。

随着市场环境的变化,精益生产对过度分工提出了大胆的颠覆。在小批量多品种的时代,时间就是金钱。因此,相对而言,人工效率不再是唯一的努力方向了。如何压缩在制品,压缩生产周期,成了新的课题。

## 三、一人完结作业方式

既然过度分工是产生在制品的一个重要原因,那么,就可以反其道而行之,让一位作业员独立负责一个产品的加工生产,这样,岂不是在制品最少,生产周期最短吗?这种一位作业员独立负责一个产品的加工生产,从第一道工序做到最后一道工序的做法,称之为“一人完结”作业方式。

这是对传统分工方式的直接颠覆。在最初,很多人担心单元方式在压缩生产周期的同时降低了生产效率,但是这种顾虑很快就被打消了。实践证明,单元生产不但没有使生产效率降低,反而在一定程度上提高了生产效率。

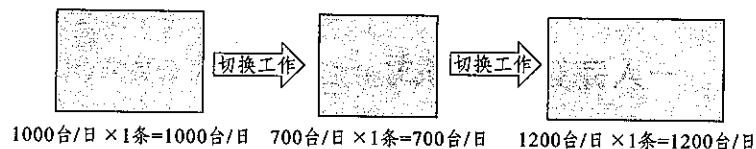
沿着这一思路,单元生产不断往前发展,实施单元生产的企业的生产现场发生了很大的变化。

## 四、单元生产名称的含义

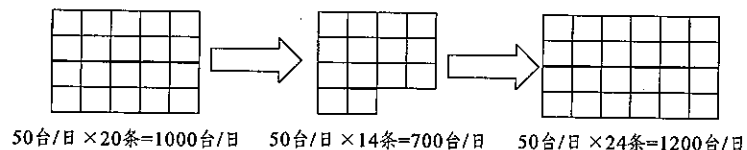
单元生产的原意是细胞生产。细胞的英文是 Cell,而 Cell 的中文又可以称之为单元,于是细胞生产便成了“单元生产”。

为什么称之为细胞生产呢?

如果把一条很高生产能力的生产线变成若干条较低生产能力的小型生产线,那么产量变化时就可以像细胞(Cell)分裂或死亡那样随意增加或停止一条或几条小生产线,来实现生产数量的变动。



(a) 大批量生产方式的产量变动

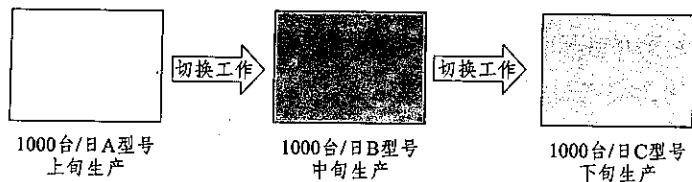


(b) 单元生产方式的产量变动

图 4.1 产量变动对比

如图 4.1 所示, 大批量生产方式下, 当日产量由 1000 台减少为 700 台或者增加为 1200 台时, 生产线必须重新编程, 浪费大量时间; 单元生产方式下, 当日产量由 1000 台减少为 700 台或者增加为 1200 台时, 只需增减一些小型单元生产线, 节省了大量时间。

在产品型号发生切换的时候, 单元生产方式也同样具有优势。



(a) 大批量生产方式的产品型号切换



A、B、C三种型号产品整月同时生产

(b) 单元生产方式的产品型号切换

图 4.2 产品型号切换对比

如图 4.2 所示, 大批量生产方式下, 当产品由 A 型号转化为 B 型号或者 C 型号时, 生产线必须重新编程, 浪费大量时间; 单元生产方式下, 产品 A、B、C 同时生产, 无须转换生产线, 节省了大量时间。

单元生产线的集合体可以根据生产变动有弹性地让一部分单元生产线运作、停止或转做生产其他型号产品, 继续运作的单元生产线则不必变更 (不改变节拍和编程) 就可以调整产品数量和型号。

对于定制生产 (而非根据市场预测) 的工厂, 单元生产线会发挥更大的作用。假设旧产品与新产品不能混合生产, 大批量生产方式必须提前估计形势, 结束生产旧产品, 而可以顺次进行切换的单元拉线就能边观察旧产品的销售状况及新产品的开发状况边进行生产调整。

像细胞分裂或死亡那样随意增加或停止一条或几条小生产线, 来实现生产数量的变动, 这就是单元生产的本意。

## 第二节 单元生产缩短生产周期

单元生产的首要目标, 是削减在制品, 从而降低成本, 压缩交货期。

根据利特尔法则:  $\text{Lead Time} = \text{存货数量} \times \text{生产节拍}$ , 我们清楚地知道: 为了实现生产周期的压缩, 一个很好的途径就是削减在制品, 降低存货数量。一系列因素影响着存货数量, 又最终影响了 Lead Time。

### 一、传统生产方式存在大量在制品

传统生产方式下, 影响在制品数量的因素有很多, 简单总结说明如下:

#### 1. 生产能力不平衡

生产由一系列的工序组成, 各个工序的生产能力是不同的。例如, 加工工序如果全力工作的话, 一天能加工 500 个产品, 而后续的组装工序一天只能组装 300 个产品。这样, 如果允许机加车间全力生产的话,

每天势必制作出 200 个无法消耗的在制品库存。

## 2. 布局没有流水化

从事机加工的常规企业，往往按照设备类型布局，例如：车床和车床在一个车间、铣床和铣床在一个车间。这种布局虽然具有整齐划一、简洁明快的优点，但是，缺点也是非常明显的。

在产品的加工过程中，需要把产品从一台机器转移到另一台机器。由于设备分类摆放，势必使得产品要从一个生产车间转移到另外一个车间，其间的搬运距离非常远，是非常明显的搬运浪费。

为了消除这种浪费，常规企业往往采取增加搬运批量的方法。例如，每天有 1000 个产品需要搬运，如果每加工完一个就立刻搬运到下一道工序的话，则需要搬运 1000 次。如果每凑足 500 个才搬运一次的话，那么一天搬运两次就够了。

采取这种方式，自然削减了搬运的浪费，节省了人力。然而，与此同时，却造成了在制品库存的产生。在这种情况下，明明第一道工序已经加工出来了产品，却无法立刻搬运到下工序进行加工，必须等到凑足了 500 个的批量才能继续生产运作下去。

## 3. 生产顺序不一致

所谓的生产顺序不一致，是指在生产加工项目比较多的情况下，各个生产单位按照各自的生产顺序进行生产，从而使得最终任务完成率反而降低。

很多小批量多品种生产环境的工厂主管遇到过生产顺序不一致造成的困难。组装车间有这样一个特点：产品组装需要 1000 个零件，哪怕有 999 个零件到货了，只要缺 1 个零件，产品就没法组装完成。

有一家工厂，三个机加车间的生产任务完成率都很高，高达 90% 以上。但是，最后的总装车间的任务完成率却只有不到 50%。为什么会这样呢？正是由于生产顺序不一致造成的。

举例说明：

工厂陆续收到了 9 个订单，代号分别是 1、2、3、4、5、6、7、8、9。

三个机加车间加工完毕后把产品送到组装车间，进行组装作业。

第一机加车间有一道工序是回温，使用的机器设备是回温炉，这台设备的耗电量极大，运转一天的电费是 5 万元。如果为每一件产品都启动一次回温炉的话，花费很大。为了降低生产成本，车间主任决定必须有多件产品时，才启动回温炉，这样的话，成本最低。为了达成此目的，车间决定首先加工 1、3、5，然后加工 2、4、6，最后加工 7、9。因为 1、3、5 在工艺上可以在回温炉里同时进行。其他 2、4、6 和 7、9 也是同样的道理。

基于类似的理由，第二、第三机加车间，提出了自己的生产顺序。例如，第二车间按照先 1、5、7，然后 2、8、9，最后 3、4、6 的顺序进行生产。采取这样的顺序，是因为这样生产的效率最高。

表面看起来，各车间实现了自己的优化目标，生产成本很低、任务完成率比较高。但是，当这些车间按照各自的生产顺序把产品往组装车间送时，麻烦就大了。

从组装车间的角度出发，车间管理者发现，9 个订单的组装所需要的零件，正在杂乱无章地涌向生产现场。他想组装 1 号订单的产品，结果发现少了 1 堆齿轮。他想组装 3 号订单，3 号订单缺少一枚叶片。仓库内倒是堆了不少的齿轮和叶片，可惜全是 6 号订单需要的。

由此可见，各车间、各工序各自为战，按照自己的顺序生产，各车间的生产顺序不一致，造成了大量在制品积压，相伴相生的，是生产周期的延长。

## 4. 大型设备、切换次数少

拥有大型设备的工厂常常遇到这样的情况：一台大型设备同时对应多条生产线，因此，一台设备要生产多个品种。品种的切换是需要时间的，而且会带来产能的损失。常规企业往往通过减少切换次数来降低这种损失。较低切换次数意味着较高的库存。

举例说明如下：

一台大型注塑机对应三条不同的生产线，生产三种注塑件。每种注塑件每月的需要量是 1000 件。如果这台注塑机每月切换 3 次的话，那



么每次必须生产出 1000 件。这样的话，每次生产刚刚结束的时候，对应生产线的在制品库存就会有 1000 件！

### 5. 维持各工序的连续生产

常规工厂各工序的合格率并非 100%，如果在制品过少的话，由于废品的出现，生产随时可能中断。为了减少中断，常规工厂往往采用增加在制品的方法加以应对。

各问题的对策如下：

生产能力不平衡对策：单元生产

布局没有流水化对策：单元生产

生产顺序不一致对策：拉动看板、DBR

大型设备、切换次数少对策：快速切换（SMED）

维持各工序的连续生产对策：TQM、TPM、6Sigma

## 二、单元生产有效压缩库存

导致在制品产生的因素很多，单元生产主要解决下面两个问题：

- 生产能力平衡问题
- 布局流水化问题

## 三、流水化布局削减搬运浪费

搬运浪费的根源之一是布局，布局不合理，工序之间的距离比较远，那么就会产生搬运的浪费。

搬运的浪费是非常浅显易见的，会浪费人力。因此很多企业在采取措施消灭搬运的浪费，可惜的是，由于没有认清搬运浪费产生的根源，很多措施在消灭一种浪费的同时却造成了另外的浪费！

错误方法 1：放大搬运量。例如：以前一次搬运 100 个产品，一天搬运 8 次，于是决定每次搬运 800 个产品，这样每天就只需要搬运 1 次了。这种方法虽然节省了搬运次数，却增加了在制品库存。

错误方法 2：利用机械设施取代人力。例如，有一家公司购买了先进的自动化搬运小车来取代人力搬运，表面上节省了人手，提高了效率，但是在中国人工成本远远低于机器设备成本，花的钱不但没减少，反而增加了。

正确的思路：流水化布局。所谓流水化，是指生产线内的机器设备、作业台面等等按照生产工业顺序进行布局，并且设置合理的间距，这样就从根本上解决了搬运的浪费。

单元生产正是采用了流水化布局来降低搬运的浪费。

如图 4.3 所示，按照设备功能进行布局存在大量搬运浪费。

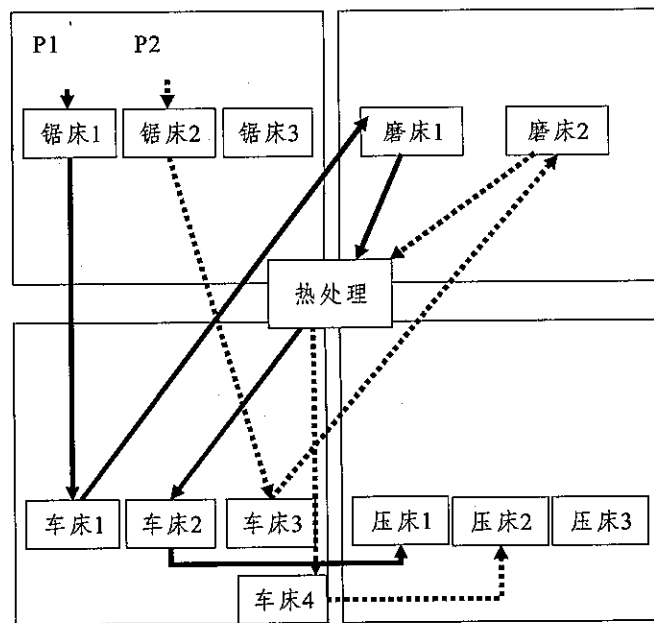


图 4.3 按照设备功能布局带来搬运浪费

在这张图里，所有锯床集中排布在锯床车间、所有磨床集中排布在磨床车间、所有车床集中排布在车床车间、所有压床集中排布在压床车间、各车间共用热处理设备。这种方法看起来很整洁，我们看一看产品的生产流程恐怕就笑不出来了。图中生产的是 P1、P2 产品。在产品

的生产过程中，产品不得不在各工序间搬来搬去，充斥着大量的搬运浪费。

单元生产方式则尽力把生产产品的所有工序安排在一个紧凑的独立工作区。最大限度地减少搬运的浪费。搬运减少了，在制品也自然减少了。

## 四、生产能力不平衡引发库存等浪费

首先解释生产能力平衡问题。

常规企业组织生产时，总是首先对工作进行细分，这种分工作业降低了作业难度，使作业熟练程度很快提高，从而提高了生产效率。

然而经过了这样的作业细分后，各工序、各车间的生产能力在理论上、现实上都不能完全相同，这就势必造成工序间作业负荷不均、生产能力不均的现象，这就是所谓的生产线不平衡。

生产线不平衡，也就是各工序的生产能力不一致，造成的浪费有两点：一是停工待料；二是大量的在制品堆积。

生产线不平衡除了造成无谓的工时损失外，还造成大量的工序堆积即在制品的发生，而大量在制品会占用大量现金，会延长生产周期。

## 五、单元生产实现生产平衡率 100%

为了解决上述问题就必须对各工序的生产能力进行平均化，以使生产线上的产品顺畅流动。

生产线平衡是对生产的全部工序进行平均化，调整作业负荷，以使各工序生产能力尽可能相近的一种技术手段与方法。

关于生产线平衡，已经不是新问题了。早在一百年以前，先辈就已经提出了很多解决思路。所有这些思路，大致可以汇总为下表四类：

表 4-1 调整生产线平衡的四类手法

符 号	名 称	内 容
E	取消 Eliminate	任何无价值的作业，如搬运等，予以取消。
C	合并 Combine	对于无法取消而又必要者，看是否能合并，以达到省时简化的目的。
R	重排 Rearrange	重新排列组合。
S	简化 Simplify	考虑能否采用最简单的方法及设备，以节省人力、时间及费用。

四类手法中，单独就合并手法做一个说明。举例来说，拧紧螺丝是一个比较简单的工作，焊接是一项耗时的工作，如果把这两项工作分别交给两位作业员去做的话，那么拧紧螺丝的作业员就会产能过剩，相较而言，负责焊接的作业员生产能力较低。这样，拧紧螺丝的作业员要么待工，要么生产大量在制品出来，造成很大的浪费。这种情况下，可以采取合并手法。具体来说，就是两位作业员不再分工，各自独立地把全部工作做完。这样的话，每个人既焊接又打螺丝，虽然对技能的要求提高了，但是，由于两个人互不影响，平衡率却达到了 100%！

我们把这一思路向极端情况推广，如果能够达到整个工厂每个人配置一条生产线的话，那岂不是整个工厂的生产能力平衡率都达到 100%了吗？

这种一个人一条生产线、一个人负责所有工序的方式，叫做“一人完结”。如果给每位作业员工都单独配置一条生产线，那么“作业员”自然就实现了“一人完结”。这种每人一条生产线的方式，称之为“屋台式”，属于单元生产的三种形态之一。

### 第三节 单元生产的三种不同类型

单元生产有三种形态，分别是：

- 屋台式
- 逐兔式
- 分割式

三种方式的示意图如下所示：

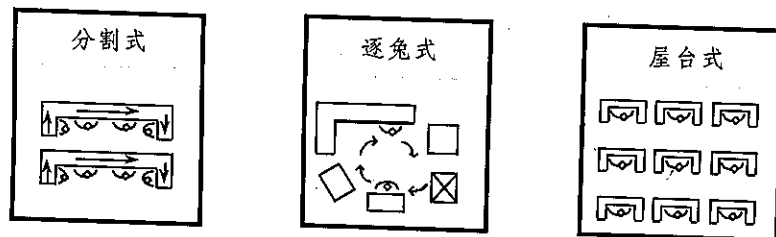


图 4.4 单元生产线的三种类型

#### 一、屋台式单元生产线

##### 1. 定义

屋台式单元生产线，指的是一位作业员拥有一条单独的生产线。屋台式命名来源于一种日本的小吃作坊。日本一些售卖小吃的摊贩，有一台活动的食品制作车，加工食品的食材、炊具全部放在车上，当顾客有需要时老板当场制作。这么小的车子，老板当然只有一位。这种食品制作车，就叫屋台。

屋台式单元生产线，作业员就是生产线的老板，自己负责全部生产，这是典型的“一人完结”作业。

图 4.5 所示为典型的屋台式单元生产线：

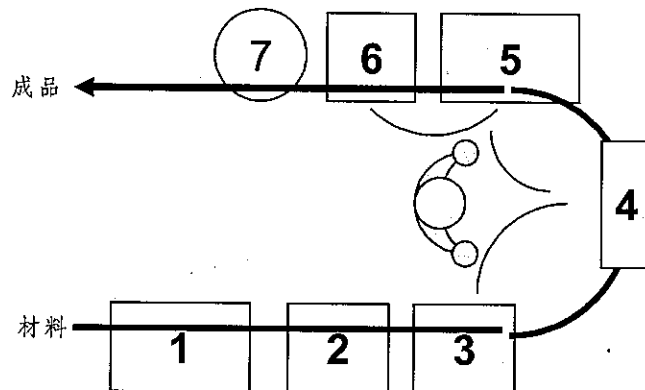


图 4.5 屋台式单元生产线

##### 2. 作业方法：一人完结

作业员按照工艺顺序从头做到尾，并且每次只加工一个产品，从原材料开始，直到最终成为成品。绝不会在同一个工序加工几个在制品。

##### 3. 生产布局：U型布局

因为作业员采用一人完结的生产方法，所以作业员会沿着工艺路线由一道工序走向另一道工序，因此生产线的布局绝对不可以是一条直线，因为这样当作业员一路做完最终工序时，如果想重新回到第一道工序的话，就会空手步行回去。这无疑是一种浪费。因此我们在布局时，要把生产线设置成U型，让第一道工序和最后一道工序连在一起，这样的话，做完最后一道工序后就可以立刻开始下一个产品的第一道工序了。

##### 4. 物料流动：一个流

优点：屋台式单元生产线无疑是平衡率最高的生产线了，因为平衡率达到了100%。目前，已经有很多日本公司采用屋台式了。这种形态的单元生产线广泛应用在以下领域：

- 以复印机、电视机为代表的电子装配行业；

- 以服装裁剪为代表的服装加工行业；
- 使用小型机器设备的机加工行业。

缺憾：平衡率高达 100%，意味着极高的生产效率，极低的库存水平，那么，为什么屋台式仅仅限于上述领域呢？其主要原因在于屋台式有两项极高的要求：

- 机器设备数量充足；
- 员工技能多样。

因为每人一条生产线，所以生产工艺所需的所有机器设备都要配置齐全；因为采用一人完结的作业方式，所以员工必须掌握所有的作业方法，掌握所有的技能。

如果公司产能过剩，有很多机器设备的话，自然可以给每个人配置多台机器设备。

如果公司员工训练有素，每个人对不同的机器设备、加工工艺都非常熟练，自然可以一人完结。

在这种情况下采取屋台式自然能收到提高工作效率、压缩库存、缩短生产周期的效果。

遗憾的是，绝大多数公司并不具备这样的条件。如果贸然采用屋台式单元设计的话，需要投入许多机器设备，需要展开长期的技能培训。因此，我们在实践中先是发展出了“逐兔式”来相应解决机器设备投入过高的问题，又发展出了“分割式”来解决技能培训时间过长的问

## 二、逐兔式单元生产线

### 1. 定义

逐兔式单元生产线，作业员仍然采用一人完结式作业方法，每个人从头做到尾。与屋台式不同的是，逐兔式并没有采用一个人一条生产线的做法，而是采用了多人共用一条生产线的方式。这些人并不进行工序分割，并不是静止不动的，而是仍然采用一人完结方式，进行你追我赶的作业。这种你追我赶的作业，类似于龟兔赛跑，因此称之为逐兔式单

元生产线。

图 4.6 所示为典型的逐兔式单元生产线：

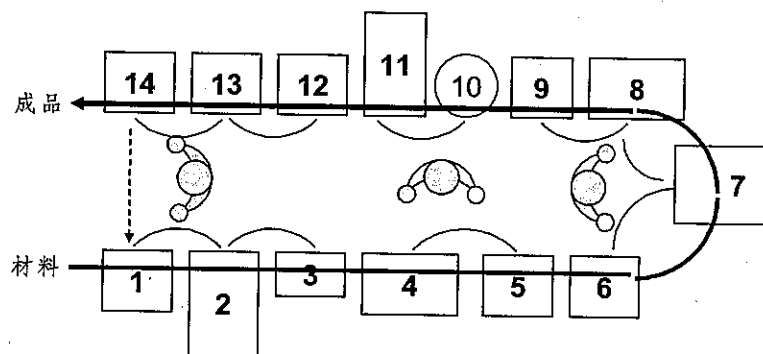


图 4.6 逐兔式单元生产线

### 2. 作业方法：一人完结+互相追赶

### 3. 生产布局：U 型布局

因为作业员采取一人完结的生产方式，因此仍然要采用 U 型布局。

### 4. 物料流动：一个流

优点：一个人独占一条生产线可以不受任何阻碍地进行“一人完结”，那么，多人共用一条生产线呢？当然只能是互相追赶了。有互相追赶就会有作业速度最慢的人，作业速度慢的人总会被作业速度快的作业员追上。这时，逐兔式单元生产线就出现了生产线不平衡的问题。只是，作业速度快的人被作业速度慢的人挡住的情况并不是时时发生的。作业员们在单元生产线内一圈又一圈地进行一人完结作业，就好比滑冰比赛中一圈又一圈地滑冰。在高水平的比赛中，大家实力相当，很长时间才发生一次超越。同理，发生作业速度慢的人卡住高手的情况一定会发生，但绝不是时时发生。但是，在传统的传送带方式下，每位作业员都不动，从生产线平衡率这个角度看，这是最糟情形，因为瓶颈工序的员工永远在阻碍其他员工的效率发挥，在不断增加在制品。

遗憾：逐兔式单元生产线很好地弥补了屋台式单元生产线对设备数量要求过高的缺陷。但是，由于作业员还是采用一人完结作业方式，因此，这种方式对于员工技能多样化的要求并没有降低。要想进一步降低对员工的要求，还需要采用分割式单元生产线。

### 三、分割式单元生产线

#### 1. 定义

分割式单元生产线，多人共用一条生产线，与逐兔式相比更进一步的是，部分放弃了一人完结的作业方法，转而根据员工的技能现状来尽可能合并生产作业。这样一来，一个完整的工艺流程，由几位作业员分工完成，因此称之为分割式单元生产线。

如图 4.7 所示为典型的分割式单元生产线：

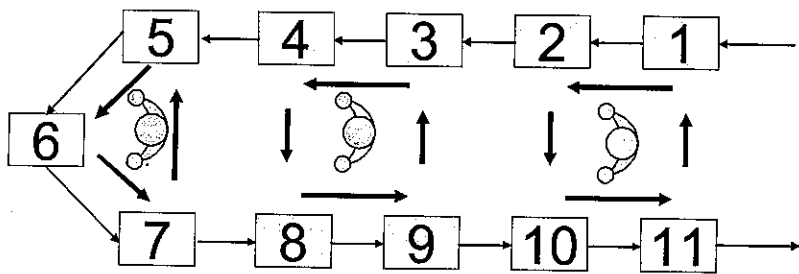


图 4.7 分割式单元生产线

#### 2. 作业方法：分工作业+互相协助

分割式单元生产采取分工作业，从而降低了对员工多能化的要求。这种分割式与传统分工作业又有何不同呢？

有两点不同：

(1) 传统分工作业往往尽可能进行作业细分，以求得作业数量的迅速增加。分割式则尽可能进行“一人完结”，在作业员确实无法掌握必要的作业技能的情况下才会进行作业分工。因此，再怎么进行分割

作业，新的方法也比传统方法更加接近“一人完结”，因此平衡率也就越高。

(2) 分割式是与“互相协助”同时存在的。什么是“互相协助”呢？就是虽然两个人负责不同的工位，但是却可以互相帮助，从而提高平衡率，降低库存。无论是传送带流水线设置，还是按照设备类型布局方式，都无法做到这一点，因为工序之间距离比较远，难以互相协助。

#### 3. 生产布局：U 型布局

仍然采用 U 型布局，这样的话比较容易实现灵活的作业分割，从而提高生产线平衡率。例如 1、2、10、11 这 4 道工序，由于位置非常接近，从而为一个人同时操作四道工序提供了可能。

#### 4. 物料流动：一个流

分割式的生产线平衡率没有“屋台式”和“逐兔式”高，因此必然存在生产瓶颈，在瓶颈与非瓶颈之间就会存在在制品。虽然这种在制品的出现是必然的，但是我们可以人为地控制在制品的数量。

分割式单元生产线不需要作业员立刻掌握全部技能、不需要为每一位作业员配备一条单独的生产线。因此从投入角度来讲，这种方法无疑是最为快捷的，但是，这种方式的平衡率也是最低的。

### 四、选择合适的单元生产线

表 4.2

不同类型单元生产线的优缺点对比

类 型	效果(在制品、灵活性)	投入(人、机器、场地)
屋台式	高	多
逐兔式	中	中
分割式	低	少

表 4.2 所示为三种单元生产线的优缺点。

以上三种方式各有各的特点，那么企业究竟应该选择什么样类型的

单元生产线呢？可以分不同阶段、根据不同情况选择适合自己的方式。

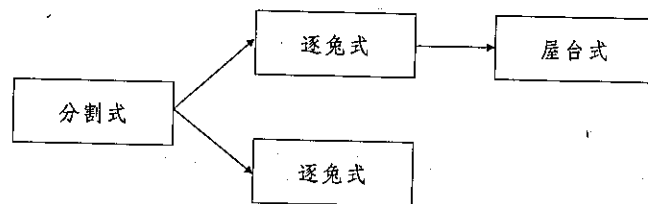


图 4.8 单元生产线的转化发展。

如图 4.8 所示，一般来讲从分割式单元生产线入手，因为这种方式投入少，无须大量设备，人员也不需要进一步培训。

接下来有两个选择，第一个是从分割式向逐兔式转化。这个阶段需要对作业员进行多能化培训；第二个是从分割式向逐兔式、再向屋台式转化。向屋台式转化需要为每一位作业员配置一条生产线，因此并不是所有生产现场都适用。只有机器设备相对于人员有剩余或者机器设备特别廉价的情况下才可以考虑最终转化为屋台式单元生产线。

## 第四节 单元生产的三种共性

单元生产方式分为三种类型，分别是分割式、逐兔式、屋台式。这三种类型既有各自的特点又有共同的特性。

他们的共同特性集中体现在三点上：

- 作业员巡回作业、站立作业；
- 生产线逆时针流水化排布；
- 生产线出入口一致。

这三点是单元生产的共性，无论哪种形式的单元生产都具备这三种特性。

## 一、作业员巡回作业、站立作业

在传送带生产线、按照设备功能布局的生产车间里：

- 机器设备不动
- 作业员不动
- 在制品随传送带移动/在制品随搬运车移动

屋台式和逐兔式都要求作业员进行巡回作业。巡回作业意思就是说作业员手上只拿着一个在制品，做完一道工序后立即转入下一道工序，因此所谓巡回作业实际就是作业员在单元内“转圈”。因此，无论是采用屋台式还是逐兔式，作业员都是随产品一起移动的。

- 机器设备不动
- 作业员移动
- 在制品随作业员移动

因为要移动，那么作业员当然就不能坐下了。

即使是分割式单元生产，也有必要采用站立式作业。一方面这是考虑到分割式单元生产今后会向屋台式、逐兔式转化。另一方面，站立式作业本身就是效率比较高的一种方式，站立作业会给作业员更大的空间来采取高效率的作业动作。

并非所有作业在采用站立式作业后都会提高效率，例如插件作业。从单纯的动作经济原则出发，这种作业似乎应该坐在作业台前工作。但是，动作效率的高低并不是我们唯一的追求，与单纯的动作经济原则相比，我们更关心的是整体效率。站立作业使得作业员可以互相协助，从而提高生产线平衡率。每个人坐在自己的作业台前显然达不到这种效果。

## 二、生产线逆时针流水化排布

生产线按逆时针排布，主要目的是希望员工能够采用一人完结作业方式。

一人完结就是一个员工从头做到尾，因此员工是动态的，称之为巡

回作业。

大部分作业员是右撇子，因此如果生产线按逆时针排布的话，当员工进行下一道加工作业时，工装夹具或者零部件在左侧，员工作业并不方便，员工就会走到下一工位。巡回的目的也就达到了。

### 三、生产线出入口一致

很多人把单元生产线称之为“U”型生产线。这主要是因为很多单元生产线在外形上看起来确实有点像“U”型，例如下面这张布局图：

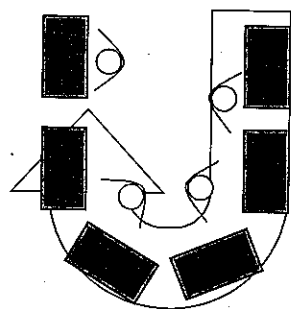


图 4.9 U 型单元生产线

图 4.9 确实看起来是个“U”型，但是，如果把这个“U”型单元线旋转 180 度的话，外形就会变成“n”型，这样的话，岂不是就叫“n 型生产线”了？

单元生产的外形不一定是“U”型的，可以是“n”型，还可以“L”型、“口”型、“M”型。这些都是表象，在表象之下的是单元线的出口和入口必须一致。也就是说，单元线的布局必须把原料入口和成品出口安排得足够接近，近到一个作业员可以同时处理原材料投入作业和成品产出作业。

为什么会有这样的要求呢？

第一：出入口一致有利于减少空手浪费。

假设出入口不一致，作业员采用巡回作业，那么当一件产品生产完

了，要去重新取一件原材料加工的时候，作业员就会空手（手上没有材料可以生产）从成品产出口走到原材料投入口，这段时间是浪费。如果出入口一致的话，作业员立刻就可以取到新的原材料进行加工，从而避免了空手浪费。

第二：出入口一致有利于生产线平衡。

在分割式单元生产的情况下，要为每位作业员分配工作任务。由于出入口一致，各工序非常接近，从而为一个人同时操作多道工序提供了可能。这就提高了工序分配的灵活性，从而取得更高的生产线平衡率。

## 第五节 单元生产的优点

目前，单元生产线在日资企业中基本上已经普及了，在欧美企业中正方兴未艾。各界普遍认为单元生产线具有传统传送带、按设备功能分类的加工车间无法比拟的优势：

- 更灵活；
- 效率更高；
- 生产面积更省。

当然，由于各个企业的实际情况不同，各企业推广单元生产的目标也不一致，我们可以把企业分成三种类型：

- 预测生产型
- 准备生产型
- 接单生产型

# 一、三种生产类型及其面临的课题

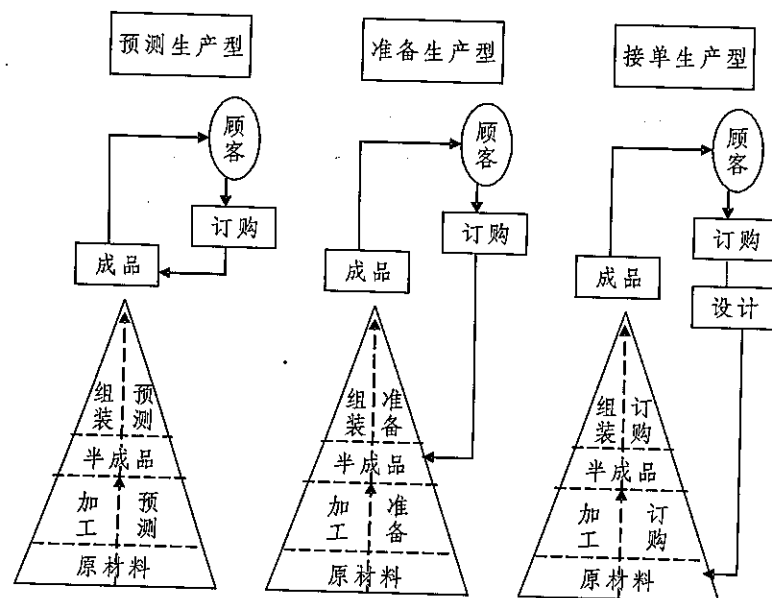


图 4.10 三种生产类型

## 1. 预测生产型

这种生产方式是事先制造成品库存，按顾客的定单发货，从订购到出货的交货时间很短，但是实际的生产周期却较长。

以这种生产方式处理制品的企业，常有如下课题：

(1) 需求变动大、库存多

季节变动和月末、期末的变动，还有电子、机器、玩具等的流行变动大，难以预测需求。

如果销售时没有库存，就失去了销售的机会，因此，依赖库存，就成了企业经营的理念。这种公司的销售口号是“想买时就应及时供给”，因此，库存的成品堆积如山。

(2) 不能紧急对应

这种把库存作为中心的企业，一旦消除库存企业就处于瘫痪状态。他们往往批量生产同一种产品，在批量生产的这种工厂，无法按顾客订购的顺序组织生产。随着顾客需求的多样化，多品种化，产品的库存也渐渐膨大起来，终于到了企业无法承受的程度。因此，如果市场猜对了（预测）顾客需求，则这种需求就能满足，猜不对，顾客需求就满足不了。

一般，在预测型生产类型的企业，预测不准被看成是所有问题产生的根源。因此，要解决它就必须建立高精度的预测方法。

## 2. 准备生产型

所谓准备生产型，是一种事先准备好标准零件的生产方式。成品组装是采用按照订单生产的方式，但还是要预测需要准备多少标准件。所以和预计生产型一样，虽然感觉上交货周期变短了，实际生产周期反而变长了。

这种生产方式的重点是标准件的量，通常称为“以标准件为中心的生产方式”。这种生产方式的特点是把标准化的零件作为重点，能对应多品种、小批量的生产。这种方式是以零件的标准化为前提。

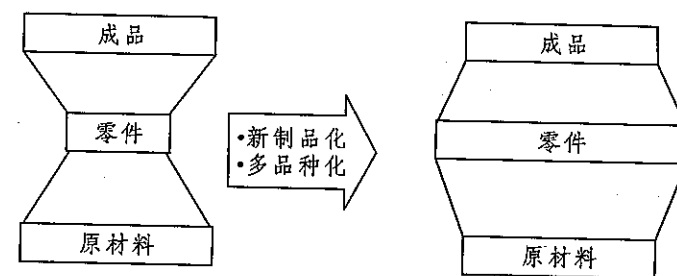


图 4.11 准备生产型增加标准件库存

如图 4.11 所示，准备生产型会使标准件库存越来越多。在市场瞬息万变的今天，小批量和多品种是趋势，少量的标准件是难以满足要求的，于是标准件库存渐渐变得越来越多。

在这种企业，面临如下课题：

(1) 品种增加



伴随需求多品种化,产品的种类渐渐增加,互相竞争的结果是新产品不断推出,这种追求标准化的工厂新产品推出速度慢。

### (2) 标准件库存多

品种变化大的话,理所当然的也要增加标准件的数量。无限制的多品种化,产品库存就增多,各种规格的产品都有库存,这样,虽然顾客交货期变短,但标准件库存却增多了。

### (3) 生产能力利用率低

如果推行多品种化,自然的,机种切换就增多了,这样生产能力利用率就会下降。

准备生产型企业需要兼顾满足顾客需要的多样化和短交期化,这是很困难的事情。多品种生产会增加产品切换,产能利用率也降低。一有盈利,公司就会大量购买设备,想提高设备利用率,进行大批量的生产,结果又回到了过去的那种生产方式。

## 3. 接单生产型

三种生产类型中,最接近客户需求的生产类型就是接单生产。所谓接单生产,就是从接到客户订单开始准备原材料或是符合客户要求的零件,即按客户要求制造产品的生产方式。

此种生产方式有如下问题点:

### (1) 生产计划变更快

企业接受订单进行生产,生产计划也许是一个大课题。从接受订单到开始生产,顾客提供的样品不断变换,一直难以确定,这是造成设计部门、采购部门、制造部门发生混乱的主要原因。

### (2) 紧急订单多

销售市场瞬息万变,使得紧急订单增加,为此,工厂总是处于手忙脚乱的状态。

### (3) 生产进度不稳定

因为月末、期末的大波动和市场的变动引起的波动,再加上频繁地发生紧急订单事件,生产进度极不稳定。

在这样的企业,一般的解决方法,是产品标准化。并且要标准化零

件和材料,标准件和材料设有库存。

对应短交货期的订单,首先要注明是特急,还是超特急。进行生产计划时,要先把这种波动进行平准化。

以上是订购生产企业的主要解决方法。不管采取哪种解决对策,都不完美。

三种类型的生产各自存在的问题最根本的解决之道,应该是通过精益生产,不断压缩生产周期。单元生产是精益体系中的首选工具,针对不同类型的企业,单元生产都有自己独特的优势。

## 二、实施单元生产可以灵活对应市场变化

### 1. 快速交货,降低库存危险

传统上通过增加完成品库存来对应紧急订单和计划变更的方法是错误的,只会把问题推给销售部门,结果使工厂的应变能力越来越差,这是一条危险的、没有前途的道路。单元生产则能同时实现交货周期的缩短和库存的降低。

### 2. 提高预测精度,迅速发现市场变化

当工厂不能灵活地对应市场变化时,市场预测部门往往承担很大的压力,要求进一步提高预测精度的呼声会越来越高。做三个月以后的预测很困难,那么,如果是预测一周后的情况会不会简单一点呢?答案是肯定的,预测时间越短则精度越高。我们通过单元生产就能压缩预测时间,原因是生产周期对预测时间的长短有很大影响,生产周期短了,预测时间自然也会变短,预测精度也就提高了。

### 3. 产品灵活切换

在传送带生产方式下,一种产品生产结束后开始生产另一种产品,这个过程需要进行产品切换。在小批量多品种的情况下,切换势必非常频繁,会浪费大量的时间和人工。单元生产则不同,单元生产追求一个

产品对应一条完整的单元生产线，这样，就不需要过多地切换了。

#### 4. 生产能力变更灵活

我们用一个完整的生产单元对应一个品种。但是，如果由于市场需求的变化，生产能力需要增加一倍怎么办？很简单，再增加一个单元就可以了。对于屋台式单元生产线，采用增减单元的方法对应产量的变化；对于逐兔式单元生产线，采用增减人力的办法来对应产量的变化。

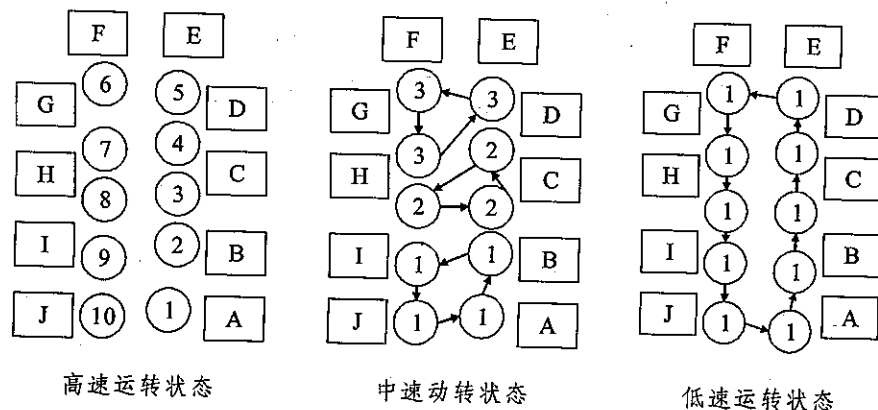


图 4.12 单元生产线的三种运转状态

如图 4.12 所示，每个阿拉伯数字代表一位作业员。

##### (1) 高速运转状态

在客户需求很大的情况之下，我们采用高速运转状态。10 位作业员 1、2、3、……9、10 分别对应生产工序 A、B、C、……I、J。

##### (2) 中速运转状态

在客户需求转弱的情况之下，我们采用中速运转状态。现在只需要 3 位作业员 1、2、3 就可以了，这时候 1 号作业员对应 A、B、I、J 工序、2 号作业员对应 C、D、H 工序、3 号作业员对应 E、F、G 工序。

##### (3) 低速运转状态

在客户需求很小的情况之下，我们采用低速运转状态。现在只需要 1 位作业员 1 号就可以了，这时候 1 号作业员对应 A、B、C、……I、J 全部 10

道工序。

### 三、实施单元生产可以降低人工成本

#### 1. 减少了手取放的浪费

做过流水线的 IE 工程师们都知道，每位作业员的作业负荷时间设定多少是要综合考虑的，太长了不好，因为每个新产品的上马都有产量达成峰值时间尽可能短的压力。太短了也不好，尤其是手组装作业，因为手取放会带来动作的浪费。假设手取放的时间占到总作业时间的 10%，那么当把总作业时间延长一倍的话，手取放的时间浪费就只占 5%了。实施 JIT 的过程当中，将流水线转变为 Cell 生产方式是一件必然的事情。目前在组装作业领域已经有非常成熟的理论方法恰当地控制了取放时间，使得手取放的浪费几乎不用考虑了。

#### 2. 提高了生产能力利用率

衡量企业生产能力利用率的一个重要指标就是生产能力平衡率。就中国企业来说，能达到 80% 的生产能力平衡率就已经很不错了。而在组装领域，单元生产线的平衡率高达 90% 以上，采用屋台式单元生产线则可能达到 100% 的生产平衡率。因此，毫无疑问，单元生产能够帮助提高生产能力利用率。

#### 3. 独立运作，不受异常影响

单元生产有一项传送带方式无法比拟的优势，传送带一旦有一个工位出现异常，那么整条传送带都会受影响，而单元生产则最多只会影响本单元。因此，单元生产线的生产效率最高。

### 四、实施单元生产可以有效减少生产场地

单元生产能够有效减少生产场地，这主要是由于以下几个原因：

- 取消传送带节省空间;
- 缩减工位间隙节省空间;
- 在制品少节省空间;
- 布局优化节省空间。

对于单元生产减少生产面积,没有必要多讲,因为大量实践已经证实了实施单元生产后至少可以减少 50% 的生产面积。

## 五、员工工作更有热情

实施单元生产获得了一线作业员的热烈响应,这主要是因为实施单元生产过程中会对作业员进行多能化培训。珠三角的一线作业员都是年轻人,很多人来深圳之前对工厂的生活充满了向往,谁知到工厂以后才发现,原来自己的青春岁月就在“打螺丝”当中结束了!曾经有一位作业员要辞职回家了,临走前的最后一个愿望是看一看自己公司的打印机究竟是什么样子,因为她来公司工作三年,每天就是进行焊接作业!

中国有句古话,叫做“艺不压身”,意思是劝大家多掌握一些谋生的技术,掌握得越多越精越好。因此,在实施单元生产多能化教育的过程中,作业员是非常支持的,这符合中国的传统文化。在实施单元生产过程中,大家每天都带着好奇心、带着学习的态度来工作,作业员的精神面貌发生了很大的变化,一下子恢复了年轻人的青春活力。

## 六、便于沟通

单元生产线采用流水化布局,生产一个产品的全部流程集中在一个区域,这样,上下工序之间的沟通会方便很多。

# 第五章

## 如何设计单元生产线

- 第一节 把握现状
- 第二节 标准 WIP
- 第三节 生产线编程
- 第四节 生产线布局
- 第五节 标准操作书

首先介绍一下单元生产线的设计流程。

表 5.1 单元生产线设计流程

步 骤	工 具
把握现状:	P/Q 分析
	产品分族矩阵
	标准工时
	装配表
	工程图
	产能负荷分析表
	生产节拍
标准 WIP:	老化工艺标准在制品
	关键路径标准在制品
生产线编程:	装配型单元生产线编程
	机加型单元生产线编程
	布局
	标准操作书

单元生产线设计流程的主要内容包含:

- 该单元生产线的生产能力应该设置成多少合适?
- 这条单元生产线上应该有多少在制品?
- 应该给这条单元生产线配备多少人手? 每个人应该负荷多少工作?
- 在没有传送带的情况下, 我们应该如何控制生产进度?

## 第一节 把握现状

把握现状阶段, 本阶段的主要目标是收集与分析实施单元生产所需要的数据。在实施之前, 我们要调查顾客需求、工厂的生产能力、产品的工艺流程等信息, 根据这些信息我们才能设计出符合工厂实际的单元生产线。

我们通过一系列工具来实现上述调查:

- 顾客需求: P/Q 分析、产品分族矩阵。
- 产品信息: 标准工时、装配表、工程图。
- 产能信息: 产能负荷分析表、生产节拍设定。

### 一、P/Q 分析

P/Q 分析的目标是对众多订单进行分类, 找出哪些产品是对工厂至关重要, 值得我们设置专用生产线; 哪些产品我们可以设置通用生产线。P/Q 分析中的 P (Product) 表示产品, Q (Quantity) 表示数量, P/Q 分析主要是分析品种和数量的关系。

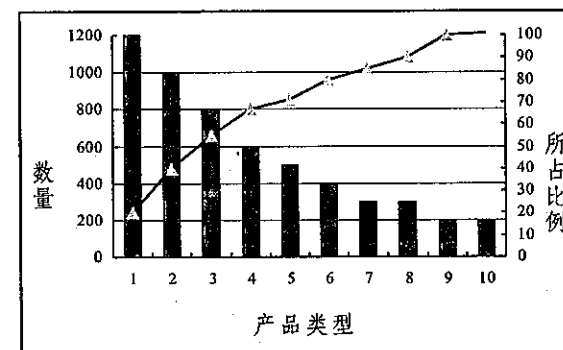


图 5.1

图 5.1 中横轴为品种，纵轴为需求数量，按需求数量的大小从左边开始排列，左边最大，右边最小。品种少，但是数量特别大的关键产品，设置专用生产线。品种多，但是数量不大的产品，设置通用生产线。

产品 1、2、3 虽然总共只有三个品种，但是却占据了大部分的顾客需求份额，因此未来设置成专用生产线。其他产品虽然品种众多，但是数量不大，采用通用线即可。

## 二、产品分族（小批量多品种环境下的应用工具）

小批量多品种环境下需要进行产品分族。

在产品单一的生产环境下，我们往往为一个品种按照生产工序单独设立一条生产线，采用流水作业方式。1915 年福特公司著名的“T”型车就是采用这种方式生产的。在汽车组装厂里，机器设备完全按照实际组装成一辆成品汽车的工艺步骤加以排列。“T”型车所建立的极短生产周期和极低生产成本一直被公认为无法企及的标杆，直到精益生产出现。

但是在小批量多品种的环境下，无法为每一个产品都设立一条生产线，许多企业因此采用了大规模生产方式。

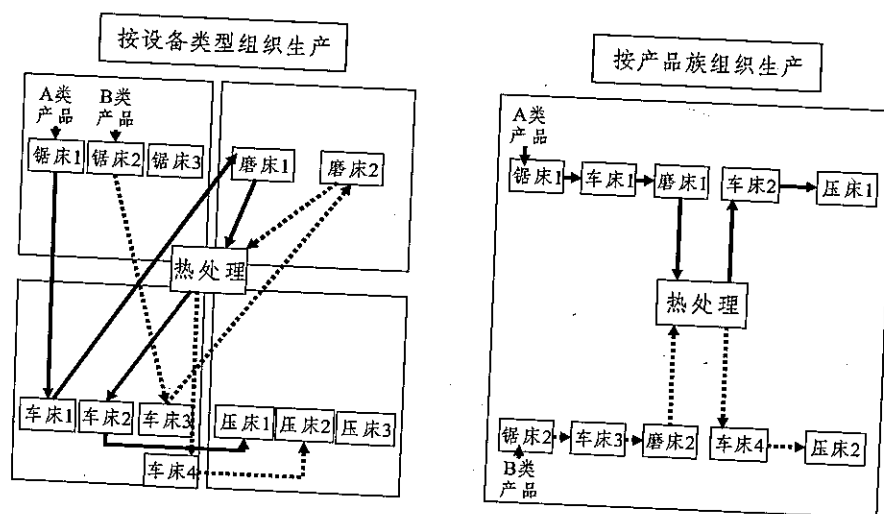


图 5.2 机加工车间布局图

图 5.2 左图所示，在一般小批量多品种环境下，大规模生产方式是把机器设备分门别类，按加工设备进行分割和配置。在这种方式下，虽然机器设备本身看起来分门别类一目了然，然而订单制造流程本身却相当混乱。当较大数量的订单投入生产现场以后，就很难实现面向订单的生产控制了。在极端情况下，一张生产订单一旦进入生产现场，就再也没有人能确定何时能够生产出来了。如果针对订单进行流程分析的话，会发现在这个“混乱的世界”中存在大量时间、人力和物力上的浪费，消灭这些浪费，正是精益生产的关键目标。

图 5.2 右图所示为按照产品族组织流水化生产，所有的产品被分成了 A 类产品和 B 类产品这两大类。机器设备按照这两大类产品的生产工序进行重新组合，打破了原来机器设备的配备方式，这就使得生产流程变得非常清晰，从而减少浪费。精益生产方式的起步阶段正是决心重新发展“流水化”这一能实现短交期、低成本的方式。当然，现在的挑战是如何在小批量多品种的环境下实现流水化。

### 1. 产品分族矩阵

小批量多品种环境下实现流水化的一个必不可少的工具就是“产品分族矩阵”。

产品分族原理：产品分族，也叫成组技术。一个公司的产品从市场的角度来看，也许有成千上万种，但是，如果从流程的角度出发，一般都能被分成几大类，分类的依据一般是关键的机器设备，这样的类别，就是产品族。以关键设备为依据，对生产流程进行分类的过程就是产品分族。下表所示就是产品分族使用的工具表——产品分族矩阵。

表 5.2

产品分族矩阵

		工艺顺序 & 关键设备或工序							
		机器 1	机器 2	机器 3	机器 4	机器 5	机器 6	机器 7	机器 8
	A		○	○	○			○	○
	B	○		○		○	○	○	
	C	○	○	○		○	○	○	
	D	○		○		○	○	○	
	E		○	○	○			○	○
	F	○	○	○		○	○		
	G	○	○	○	○	○	○		

## 2. 产品分族矩阵的使用方法

(1) 第一步：为了建立产品分族矩阵，需要把各种产品沿着左边列出来，然后把各个产品的生产加工流程关键步骤从原料端向成品方向列出来。

例如：工厂正在或者将要生产产品 A、B、C、D、E、F、G，因此把这几种产品在“产品型号”相对应的位置列出来。这几种产品中，C 产品经过的关键生产流程主要是工序 1、工序 2、工序 3、工序 5、工序 6、工序 7。因此在这几个工序所在的空格里标注“○”记号。

大多数情况下，不必详细地列出每一步工序，只要列出关键工序就可以了。我们的目的只是分出产品族，而不是严格的程序分析。通常情况下，接近成品端的流程步骤就足以使得我们分清产品族了。

(2) 第二步：寻找包含重要共通步骤的若干产品，这些产品就可以被分类为同一个产品族了。

表 5.3

分族矩阵使用方法

		工艺顺序 & 关键设备或工序							
		机器 1	机器 2	机器 3	机器 4	机器 5	机器 6	机器 7	机器 8
产品型号	P9	○	○	○	○	○	○	○	○
	P10	○	○	○	○	○	○	○	○
	P6	○	○	○	○	○	○	○	○
	P4	○	○	○	○	○	○	○	○
	P8	○	○	○	○	○	○	○	○
	P5	○	○	○	○	○	○	○	○
	P7	○	○	○	○	○	○	○	○

如表 5.3 所示，产品 P9、P10、P6 大致的生产工序相同，我们把它归入同一个产品族。

即使处在同一产品族中，不同的产品在工序上仍然会有所不同，但我们没有必要强求所有步骤严格一致，因为稍后我们可以建立新的单元生产线，在新的单元生产线里，不同的产品可以在若干规则下通过这条生产线。

在大家真正采用这一工具进行分析的时候，也许会感到吃惊。很多以前看来根本没有任何相似之处的产品事实上在生产时是经过相同的流程的。要是果真如此的话，这些产品就可以归为一个产品族了，尽管这些产品从市场的角度来看是完全不同的。其中的关键是分类的时候我们是以生产流程为依据的。

## 三、标准工时

### 1. 标准工时的定义

在规定的作业条件下，用标准方法进行作业所必需的时间。

### 2. 制定标准工时的目的

在单元生产中，标准工时的首要用途，是为每一单元分配工作负荷

提供依据。

### 3. 标准工时的构成

标准工时 = 作业净时间 + 余裕时间

作业净时间是指作业员进行加工作业的时间。

余裕时间：作业员必不可少的非工作时间，例如上厕所时间、饮水时间。

### 4. 制定标准工时的步骤

如图 5.3 所示，制定标准工时分为三步。

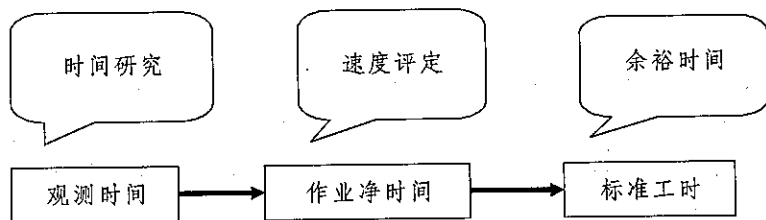


图 5.3 制定标准工时的步骤

- 第一步：用马表观测法得出观测时间。
- 第二步：进行速度评定得出作业净时间。
- 第三步：加上余裕时间得出标准工时。

(1) 第一步：用马表观测法得出观测时间

#### ① 时间观测前的准备工作

进行时间观测前要做好的准备工作：连续测时的马表、时间研究表、合适的观测对象、被观测作业相关的作业标准。

a. 第一项要准备的工具即为图 5.4 所示的马表。

这种马表的独特之处在于可以连续计时，更可以连续储存计时结果。在商店里，售货员会把这种马表描述为“15 通道马表”或者“30 通道马表”，“通道”数就是可以连续计时的数目。例如，“15 通道马表”就可以连续记录 15 个观测值。我们进行时间观测的马表，通道数最少是 30。

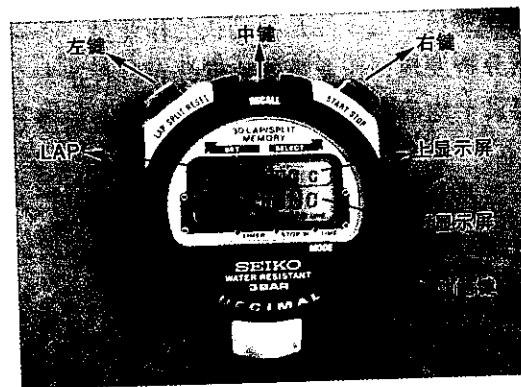


图 5.4 多通道马表

b. 第二项要准备的工具是时间观测表。

表 5.4

时间观测表

观测者	刘晚迪	观测日		1999 年 9 月 28 日 AM9 时 - AM10 时										投入数		节拍	
		课 别	KBU3 课	系 别	A	作业者	沈芬芳	机种	4028								
工位	作业内容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	改善点		
1	取放	4.9	4.5	4.1	3.4	5.1	4.3	4.1	3.6	3.8	3.7	4.6	4.0	4.2			
2	清洁软片圆点	4.5	4.4	5.5	4.2	4.5	5.2	6.3	5.1	4.7	4.1	5.2	5.4	4.9			
3	放入介子,打螺丝	12.3	15.9	13.1	15.5	20.1	12.0	11.0	11.2	12.1	11.5	10.9	11.6	13.1			
4	整理软片	5.7	4.8	6.7	6.7	4.3	5.3	5.8	6.4	5.5	5.0	4.2	3.9	5.4			
5	焊接*5	12.8	13.5	13.1	15.5	13.6	16.3	12.9	14.1	15.7	13.1	14.8	16.3	14.3			
6	取 AF 镜空气清洁,装入本体	11.6	12.6	11.7	10.6	10.9	15.0	12.2	12.5	12.5	11.8	11.5	11.9	12.1			
7	检查安装结果	4.5	2.5	5.3	2.2	3.2	2.6	2.4	2.5	3.7	4.3	3.5	2.9	3.3			

如表 5.4 所示，表头部分记录观测者、作业者等相关信息。这一部分一定要认真填写。尤其是初学者往往无法确定观测的正确性，这时候就需要追溯数据的来源。

c. 第三项准备工作是选定观测对象。

当以设定标准时间为目的时，以普通的作业员为观测对象。既不能

是速度特别慢的作业员,也不能是特别快的作业员,否则就失去了代表性。大量的数据分析发现,作业员的速度分布符合正态分布。如图 5.5 所示。以作业要素平均值为 100 秒,作业者的作业速度  $\sigma$  值为 11 时,人员分布如下:

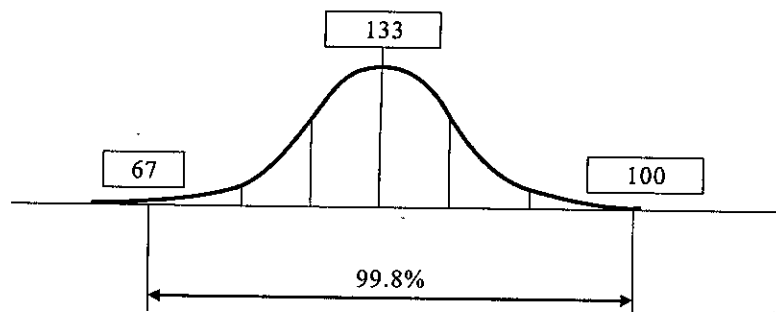


图 5.5 作业速度分布图

- 等级速度在 90~110 的人占总体约 60%~65%;
- 等级速度在 85~115 的人占总体约 80%~85%;
- 等级速度在 80~120 的人占总体约 90%~95%;
- 比上述速度或快、或慢的人大约在 4%~5%。

我们选取的观测人员,他们的观测速度越接近平均值就越具有代表性。怎样来判定作业员的能力为“普通”呢?最简单的判定方法有以下两个:

- 一是在 0.5 分钟内,将 52 张扑克牌分成 4 堆,堆间距 30cm。
- 二是成年男子在平坦的路上,以 0.35 分钟走完 30 米的速度(无负重)。

d. 第四项事前准备的事情是获取作业相关标准。

这些标准包括:

- 作业名称;
- 零件名及编号;
- 标准操作顺序;
- 使用的设备和工装夹具;
- 品质要求;

- 其他操作注意事项。

要切实确认作业员的作业状态处于标准以内才能进行观测,否则取得的数据是没有意义的。

## ② 预备观测

将作业员所进行的完整作业分割成独立的作业要素。作业要素就是时间观测所研究的最小对象单位。例如:

表 5.5 作业要素表

顺序	作业要素	时间(秒)
1	取工作件放入钻台上夹具内	2.5
2	夹紧夹具,并固定三个螺丝	7

分割为作业要素的 3 项要求:

- 保持作业的连贯性和完整性;
- 易于观测,不要低于 2.5 秒;
- 区分手动作业与机器自动作业、区分规则要素与不规则要素。

## ③ 求取合理观测次数

表 5.6 观测次数对照表

预备观测周期时间(分钟)	观测次数
40	3
20~40	5
10~20	8
5~10	10
2~5	15
1~2	20
0.75~1	30
0.5~0.75	40
0.25~0.5	60
0.1~0.25	100
-0.1	200



时间观测方法属于一种统计方法，即是用作业员的抽样工时来代表作业员的总体工时，因此，抽样次数越多，准确率越高。但是，也没必要观测太多次。表 5.6 是在可信度为 95% 的要求下，计算得出的观测次数。当我们进行完一次预备观测后，得出各作业要素的一个观测时间，这个粗略的作业要素观测时间，就是预备观测周期时间。预备观测周期时间越短，需要观测的次数越多；预备观测周期时间越长，则需要观测的次数越少，具体次数，列在了“观测次数”项内。例如，某组装工序预备观测值是 1.5 分钟，则对应预备观测周期时间为 1~2 分钟，对应观测次数为 20 次，也就是说，在接下来的正式观测中，必须观测 20 次，则得出的观测结果才是可信的。

#### ④ 正式观测

正式观测时要注意的问题：

- 不能给作业员施加任何压力。观测过程中，被观测者如果是新手，作业员往往承受比较大的压力，作业速度会比正常速度快，如果被观测者是老手，那么，作业员往往会故意放慢生产节奏。这些都会造成观测结果失真。解决办法有两个，一是事前取得被观测者的理解，二是选择适当的方式进行观测，不让作业员知道自己正被观测。

- 观测过程中，如果来不及记录某一作业要素的时间，则在该单元中记为“x”，不允许随意估计补入数据。

- 如果发现操作者省去某一作业要素，则在该单元划一个斜线“/”，表示省略。

#### ⑤ 时间研究的数据处理

这一步的主要工作是剔除异常值。所谓异常值是指由于一些外来因素的影响而超出正常范围的数值。例如，对某项作业要素进行测定，绝大部分观测数值显示为 3.2~3.5 分钟，但是有一个数值为 4 分钟，则我们有理由认为这个 4 分钟的数值是一个异常值，要把它剔除掉。这里提供一种进行异常值判定的方法，即标准差法（6 $\sigma$  法）。

表 5.7

标准差剔除法

原始值		25	27	27	32	26	24	28	26	23	27	26	26	39	15	24	24	25	28	27	30	25	23	22	28	23
平均值	26.0																									
标准差 $\sigma$ 函数	stdevp()																									
标准差 $\sigma$	4.08																									
3 $\sigma$	12.24																									
变动范围	$\pm 3\sigma$																									
取值范围	13.76	38																								
标记异常值		25	27	27	32	26	24	28	26	23	27	26	26	39	15	24	24	25	28	27	30	25	23	22	28	23
筛选正常值		25	27	27	32	26	24	28	26	23	27	26	26		15	24	24	25	28	27	30	25	23	22	28	23
求解平均值	25.46																									

表 5.7 所示为标准差法剔出异常值的工具表格，使用步骤如下所示：

- 记录观测原始值；
- 计算原始值的平均值；
- 计算标准差（ $\sigma$ ），可以在 excel 表格中利用“STDEVP（）”函数实现；

- 计算 3 倍  $\sigma$  值；
- 以平均值为中心，计算上下 3 $\sigma$  的范围；
- 标记异常值：3 $\sigma$  的范围以外的就是异常值；
- 剔除异常值后计算平均值。

#### (2) 第二步：进行速度评定得出作业净时间

上述步骤求得了被测人员的平均时间，但这个时间不一定可以作为所有人、所有环境下的标准。还要考虑如下四个因素：熟练程度、努力程度、工作环境、稳定性。例如，被测人员的努力程度非常高，那么测出来的时间相较一般人员而言就会短一些，用这个标准来安排工作，会造成工作任务无法完成。我们赋予四个因素以系数，从而得到可以作为标准的作业净时间。例如，秒表测得某作业员的作业时间平均值为 10 秒，判定熟练程度为良，努力程度为良，工作环境中等，稳定性为可，查表可得如下结果：

表 5.8 速度评定计算事例

评比因素	等级	系数
熟练	良	+0.03
努力	良	+0.05
工作环境	中等	0.00
稳定性	可	-0.02
合计		+0.06

秒表测量平均值: 10 (秒)

作业净时间:  $10 \times (1 + 0.06) = 10.6$  (秒)

因此, 作业净时间是 10.6 (秒)。

表 5.9 所示为美国西屋公司制定的四要素速度评定参数。

表 5.9 速度评定参数表

熟练度		努力度		稳定性		工作环境	
超佳	0.15	超佳	0.13	理想	0.04	理想	0.06
超佳	0.13	超佳	0.12	优	0.03	优	0.04
优	0.11	优	0.1	良	0.01	良	0.02
优	0.08	优	0.08	平均	0	平均	0
良	0.06	良	0.05	可	-0.02	可	-0.03
良	0.03	良	0.02	劣	-0.04	劣	-0.07
平均	0	平均	0				
可	-0.05	可	-0.04				
可	-0.1	可	-0.08				
劣	-0.16	劣	-0.12				
劣	-0.22	劣	-0.27				

表 5.10 与表 5.11 为熟练度与努力度的参数评价标准:

表 5.10 熟练度评价说明

熟练的评价	
(一) 劣	(四) 良
对工作未能熟悉, 不能得心应手	能够担任高精度的工作
动作显得笨手笨脚	可以指导他人提高操作熟练程度
工作犹豫, 没有信心	非常熟练
常常失败	几乎不需要接受指导
(二) 可	完全不犹豫
对机器设备的用法相当熟悉	相当稳定的速度工作
可以事先安排大致的工作计划	动作相当迅速
对工作还不具有充分的信心	(五) 优
不适宜长时间的工作	对所担任的工作有高度的适应性
偶尔发生失败, 浪费时间	能够正确地工作而不需要检查、核对
通常不会有所犹豫	工作顺序相当正确
(三) 平均	十分有效地使用机器设备
对工作具有信心	动作很快而且准确, 节奏性
工作速度稍缓慢	(六) 超佳
对工作熟悉	有高度的技术
能够得心应手	动作极为迅速, 衔接圆滑
工作成果良好	动作犹如机器作业般稳定、有节奏
	熟练程度最高

表 5.11

努力度评价说明

努力度的评价	
(一) 劣	(四) 良
时间浪费较多	工作有节奏性
对工作缺乏兴趣	很少浪费时间
工作显得迟缓懒散	对工作有兴趣并且负责
有多余动作	很乐意接受建议
工作地布置杂乱	工作地布置井然有序
使用不适当的工具	使用适当的工具
摸索着工作	(五) 优
(二) 可	动作很快
勉强接受建议	工作方法很有系统
工作时注意力不太集中	各个动作都很熟悉
受到生活不正常的影响	对改进工作很热心
工作方法不太适当	(六) 超佳
(三) 平均	很卖力地工作,甚至忽视健康
显得有些保守	这种速度不能持续一整天
虽接受建议但不实施	
工作上有良好的安排	
自己拟定工作计划	
按照良好的工作方法进行工作	

## (3) 第三步: 加上余裕时间得出标准工时

计算标准工时的最后一步是添加余裕时间, 在一般企业里, 工作 8 小时, 会给出 20 分钟的余裕, 也就是 4% 的余裕。

关于余裕一般有两种用法, 一种是把余裕加入标准工时, 例如, 作业净时间为 18 秒, 那么标准工时就是  $18 \times 104\% = 18.72$  (秒); 另一种是把作业净时间直接作为标准工时, 计算全天的工作时间时把余裕时间减掉, 例如, 每天工作时间以 460 分钟计算, 而不是 480 分钟。两种算法, 从结果来看, 没有什么区别, 但是推荐采用把作业净时间当作标准工时的方法, 因为这种做法易于理解, 使用时条理清晰。

如表 5.12 所示, 时间观测的最终结果记录到标准工时表上。

表 5.12

标准工时表

制造资源 产品名称	标准作业时间(分)				
	R1	R2	R3	R4	合计
P1	20	30	0	25	75
P2	30	45	30	0	105
P3	0	0	15	50	65
合 计	50	75	45	75	245

## 四、装配表

表 5.13

装配表

制品名: 2730

工程名: 前盖

总工数: 396.2

作业顺序	作业净时间
	8.8
	6.6
	6.1

在单元生产的设计中，装配表提供五项信息：

- 制造流程的全貌
- 产品由哪些零件组成
- 各工序如何作业
- 各工序的标准工时
- 各工序的先后次序

### 1. 符号代表的意义

如表 5.13 所示，表头部分的“制品名”一项是指产品的名称；“工程名”一项指的是这个组件的名称；“总工数”就是本组件的总工时，在本表中是 396.2 秒。

“▽”表示零件。如表 5.13 所示，“BK 臂”是零件的名称，“CG3510”是零件的编号。

“▽”表示组件，组件由零件构成。如表 5.13 所示，编号为“CV5554”的“背盖”是直接向外协厂家购买的组件。

“○”表示作业。

“◇”表示检查工序。这里把检查和作业用不同符号表示，是因为检查本身没有附加价值，然而却很难直接消除，因此特别标示出来，留待以后逐渐消除。

“#”这个符号常常出现在“○”的旁边，代表这道工序是组装作业。

装配表包含了重要的信息，是设计单元生产时会不时翻看的信息资料。

### 2. 装配表的制作步骤

(1) 第一步：取得各个作业要素的作业净时间，这可通过上一节中的时间观测法得到。

(2) 第二步：改善作业

通过 5W1H 手法思考可否有改善的余地

- Why 为什么要进行此项操作？
- What 操作的对象是什么？有必要吗？

- Where 在什么地点做？为什么？有更好的地方吗？
- When 什么时候做？为什么？有没有更好的安排？
- Who 谁来操作？为什么？有人可以做得更好吗？
- How 怎样安排这项操作？为什么？有更好的方法吗？

### (3) 第三步：制作作业要素顺序表

如表 5.14 所示，左边一列填写作业要素编号，中间一列对相应的作业要素进行内容描述，右边一列表示作业要素间的关系。例如，表 5.14 中，作业要素编号“3”，我们通过调查发现，在进行这项作业之前，必须首先完成作业要素“2”，因此，我们在右边一列相对应的位置填入“2”；作业要素编号“10”，我们通过调查发现，在进行这项作业之前，必须首先完成作业要素“9”和“6”，因此，我们在右边一列相对应的位置填入“9&6”。

表 5.14 作业要素顺序表

作业要素编号No	要素内容描述	该要素的前要素
1	分 24 连板	None
2	放拿充电座，去胶袋	None
3	装充电头 *2，收集充电座	2
4	放拿底壳、去胶袋	None
5	穿火牛线入底壳，穿线头于 PCB	4&1
6	拿放烙铁、焊电源线	5
7	拿放尖嘴钳，装线扣	5
8	拿面壳、去胶袋、装充电座	3
9	拿放电批，打充电座螺丝 *2	8
10	拿底壳、穿线入 PCB，固定 PCB 于面壳	9&6
11	拿放烙铁，焊充电线 *2	10
12	放机下拉	inv
13	放拿机	inv
14	摆线	11
15	装灯罩，盖底壳	14&7
16	拿放电批，打螺丝 *2	15
17	贴胶脚 *2	4
18	放拿机	inv
19	去胶袋、插火牛	16
20	测充电	19
21	敲机，V.S，打数	16

#### (4) 第四步：制作作业要素顺序图

这一步是根据“作业要素顺序表”来做出更加简洁明快的“作业要素顺序图”。如图 5.6 所示，与“作业要素顺序表”相比，“作业要素顺序图”更清晰地显示了作业要素相互之间的关系。

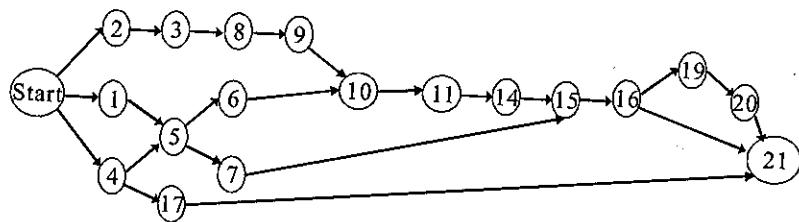


图 5.6 作业要素顺序图

#### (5) 第五步：制作装配表

制作装配表前必须准备好两项文件：

- 标准工时表
- 作业要素顺序图

装配表所需的信息就是由这两个文件中取得，从作业要素顺序图中采用作业要素之间的相关顺序，从标准工时表中采用各个作业要素的标准工时。

### 五、工程图

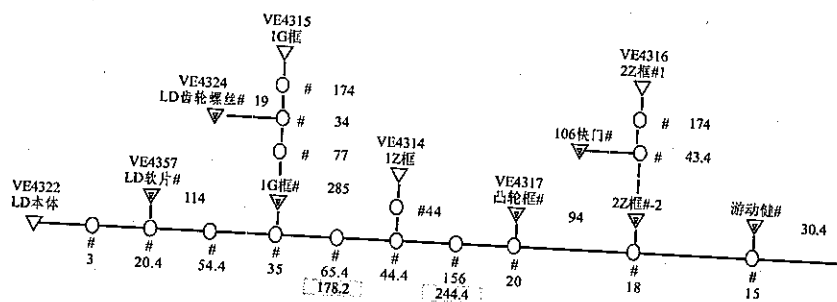


图 5.7 工程图

如图 5.7 所示，与装配表相比，工程图以最简洁的方式把整个产品的加工工艺完全汇聚在一份图纸上，为之后的单元生产线工序分配提供帮助。在包含的信息量方面，工程图没有装配表大，从这个意义上说，工程图是装配表的简化版。那么，可以简化到什么程度呢？简化的主要是操作工序部分，在工程图中，没有必要把所有工序的名称和内容都写出来，大多数都是可以合并的，但是，涉及零件和部件投入的操作工序，绝对不能省略，以免发生欠品（成品缺少零件、部件）。

### 六、产能负荷分析

这一部分，主要讲述如何测试工厂的生产能力、找出生产瓶颈，为今后的生产安排做好前期数据准备。

让我们回想一下自己公司从接到订单到组织生产最终交货的整个流程，在这个流程中，我们是如何避免无法及时完成客户订单的呢？最聪明的莫过于先看看公司的生产能力。很多计划都是由于没有能够对生产资源做出正确评价，没有能够正确估计到可能遇到的约束而以失败告终。

工厂中常常有很多机器设备比较贵重，并且产能有限，往往无法为每一种产品单独配备一台设备，对这一类型的设备，要做出详细分析。

#### 1. 制造途程表

制造途程表记录产品的制造流程。其他内容包括原材料、产品名称、制造资源与单位作业时间。如表 5.15 所示，零件 rmA 经制造资源 R1 花费 20 分钟后，制成工件 A1，A1 经制造资源 R2 花费 30 分钟后，制成工件 A2，A2 经制造资源 R3 花费 25 分钟后，制成工件 P1。

表 5.15

产品制造途程表

产品名称	投入零件、组件	制造资源编码	单位作业时间(分)	产出工件
P1	r m A	R1	20	A1
	A1	R2	30	A2
	A2	R4	25	P1
P2	r m B	R1	10	B1
	B1	R2	25	B2
	r m C	R2	20	C1
	C1	R3	30	C2
	B2, C2	R1	20	P2
P3	r m D	R4	25	D1
	D1	R3	15	D2
	D2	R4	25	P3

制造途程表包含了所有产品的制造流程，每一制造流程都记录其所使用的制造资源与标准作业时间。

## 2. 产能负荷分析

计算产能负荷的主要目的在于衡量生产计划是否可行，而计算所需使用的资料为产品制造途程表与生产计划，经由计算后，可得知每一制造资源的生产负荷状况。假若生产需求量大于现有产能则会出现产能不足的现象；反之则为产能过剩。产能不足或过剩，对于生产系统的绩效皆会有不利影响。表 5.16 所示为产能负荷分析表，由表中计算结果可得知，制造资源 R2 为瓶颈之所在。在这个例子中，并没有超出制造资源的生产能力，不必购入新的机器设备。

表 5.16

产能负荷分析表

制造资源		R1	R2	R3	R4
产品名称	分/单位	30 分	0 分	25 分	20 分
	30 单位	900 分	0 分	750 分	600 分
P1	分/单位	45 分	30 分	0 分	30 分
	20 单位	900 分	600 分	0 分	600 分
P2	分/单位	0 分	15 分	50 分	0 分
	20 单位	0 分	300 分	1000 分	0 分
总工时		1200 分	1800 分	900 分	1750 分
机器数		1	1	2	2
单一机器作业工时		1200 分	1800 分	450 分	875 分
生产节拍		2400 分	2400 分	2400 分	2400 分
负荷率		50%	75%	18.75%	36.46%

## 七、生产节拍设定



图 5.8 生产节拍

### 1. 生产节拍的定义

生产节拍也叫节拍时间 (Takt Time), 是生产能力的一种表达方法, 指的是每生产一件产品所需要的时间。

其值可以用下述公式计算

$$\text{节拍时间} = \frac{\text{工作时间 (分/天)}}{\text{计划产量 (个/天)}}$$

例如: 某工厂每天工作 10 小时, 其中: 上、下午各有 10 分钟休息时间, 以及 5 分钟的班前会时间, 中午休息 60 分钟; 公司计划每天生产 240 件产品。

$$\text{节拍时间} = \frac{\text{可用工作时间}}{\text{客户需求数量}}$$

$$\text{节拍时间} = \frac{(60 \times \text{工作小时/天}) - \text{休息 \& 午餐 \& 其它停顿时间}}{\text{每天客户需求数量}}$$

$$\begin{aligned}\text{节拍时间} &= \frac{(60 \times 10) - (10 + 10 + 5 + 5) - 60}{240 \text{ 件}} \\ &= \frac{480 \text{ 分钟}}{240 \text{ 件}}\end{aligned}$$

$$\text{节拍时间} = 2 \text{ 分钟/件}$$

按照公式计算可知, 节拍时间为 2 分钟/件。生产节拍是精益工厂进行生产组织的指挥棒。生产工厂含有多个生产部门, 产品生产经过多道工序, 各工序不能各自为战。如果只按照自己的节奏组织生产, 那么就会造成大量的浪费。因此, 我们把生产节拍定为整个公司统一的标准, 各部门、各工序, 都按照这个节奏来进行生产, 才能达到在制品最少、生产流程均衡的目的。

### 2. 生产节拍的计算方法

生产节拍的计算, 大致有三种不同的环境, 相应产生三种不同的算法。

第一种: 按顾客需求确定生产节拍。

例题: 顾客每天需求 960 个产品, 每天生产时间为 460 分钟。

$$\text{生产节拍} = \frac{460}{960}$$

$$= 0.5 \text{ 分钟}$$

第二种: 根据设备能力确定生产节拍。

例题: 顾客每天需求 960 个产品, 但是, 有一台切割机每天只能切割 690 个产品。

$$\text{生产节拍} = \frac{460}{690}$$

$$= 0.67 \text{ 分钟}$$

第三种: 根据人员生产能力确定生产节拍。

例题: 顾客每天需求 960 个产品, 但是, 其中一道焊接工序要求很高, 只有三名作业员可以胜任这项工作, 三人每天能加工 600 个产品。

$$\text{生产节拍} = \frac{460}{600}$$

$$= 0.78 \text{ 分钟}$$

由以上 3 个例题可以看出, 生产节拍的计算, 取决于瓶颈。第一种算法, 由顾客的需求直接得出生产节拍, 适用于生产能力充足的工厂, 并且公司具有“一切为了顾客”的企业文化。第二种和第三种算法, 则是在产能不足的情况下采用的方法。

## 第二节 标准 WIP

设计单元生产线时, 在制品数量也需要标准化。在制品标准化属于库存控制的一种方法。在精益生产体系中, 库存分为三种类型, 分别是:

- 原材料库存
- 在制品库存 (WIP)
- 成品库存

常规企业重视原材料库存和成品库存的控制,轻视在制品控制,这是因为在制品库存存放于生产现场,传统上不被看作是库存。

如图 5.9 所示,成堆的在制品是生产现场的小仓库。在一些机加型的企业里头,在制品比比皆是,每台设备旁边都有一堆在制品。

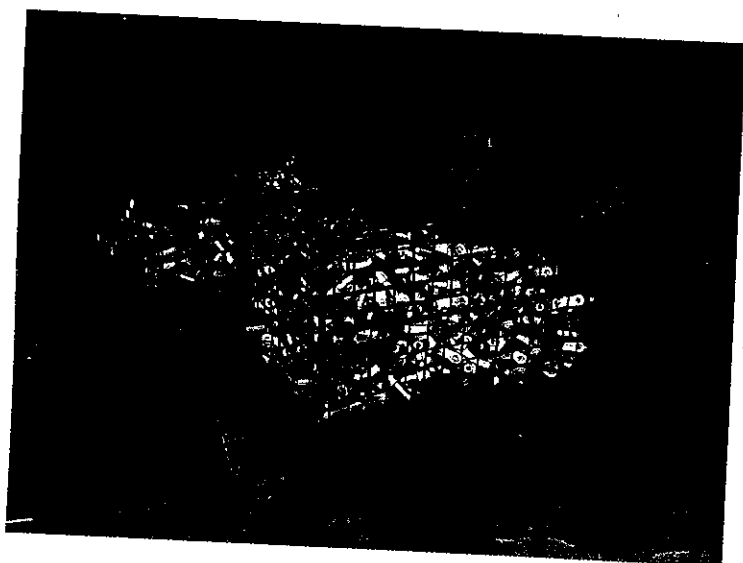


图 5.9 充斥现场的在制品

有太多如图 5.9 这样的生产现场,对于这种公司的市场经理,可以问两个问题:

第一个是问有没有生产计划,所有人当然都会回答说有。

第二个问题是问某张订单什么时候可以生产出来,这次能很快给出正确答案的企业可就少之又少了。事实是一张生产订单进入生产现场后就分散在各个工序,谁也不知道什么时候能生产出来,这种生产进度失控的情况在小批量多品种的企业里很常见。

造成这种问题的根源何在呢?根源之一在于对于在制品的数量没有加以控制,现场到处都是在制品,这也就意味着到处都是订单,发生订单的混乱也就不足为奇了。

在这一节里,将学习如何控制合理的在制品数量。

## 一、通过控制 WIP 控制生产周期

标准 WIP 指的是在单元内所需的最少 WIP。

标准 WIP 主要包括:

- 生产必需的冷却、老化过程的 WIP;
- 流水化不彻底造成的单元间 WIP;
- 满足质量因素所需要的干燥过程的 WIP。

为什么我们这么重视控制在制品数量呢?

• WIP 同其他类型的库存一样会带来库存的浪费,因此有必要加以控制;

• 控制 WIP 即是控制生产周期、控制生产进度,因此有必要加以控制。

根据利特尔法则:  $\text{Lead Time} = \text{存货数量} \times \text{生产节拍}$

可知:

- 生产周期与在制品数量成正比,在制品越多生产周期越长;
- 控制住在制品数量和生产节拍,就控制住了生产周期长短。

因此,控制在制品是很重要的,而且,在制品数量越少越好,最好是实现一个流。单元生产不是追求一个流吗?那么,只要简单地要求每个工序只保留一个在制品就好了,为什么还会存在制定标准 WIP 的问题呢?这是因为很多时候由于工艺的要求,我们做不到彻底的一个流。

## 二、控制老化工艺的标准 WIP

有很多工艺要求必须有一定数量的在制品,我们以其中的老化工艺为代表来计算合理的在制品数量。

所谓老化工艺指的是当第一道工序加工完毕后,由于工艺要求,在制品不能立刻转入下一工序,必须等待一定时间才可以。这段等待的时间,称之为“老化时间”。图 5.10 为老化工艺示意图。



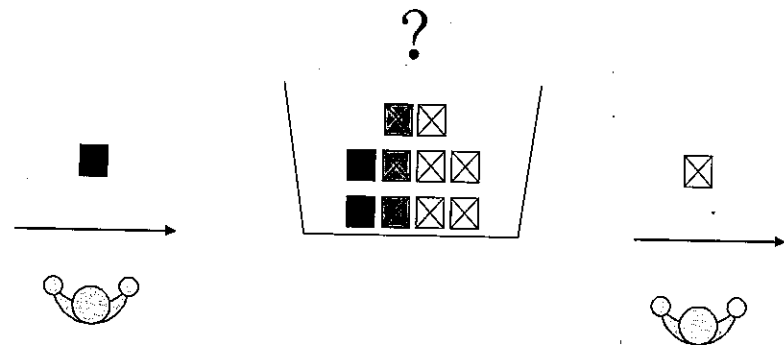


图 5.10 老化工艺 WIP 示意图

图 5.10 所示为一个电子组装车间，左边工序为粘结，中间工序是老化，右边工序为组装，第一道工序打完胶水后，并不能立刻转到组装工序，因为胶水还没干，无法组装，因此，必须在打胶水和组装之间停留若干时间，保证胶水在这段时间里老化以达到工艺要求。因为产品必须要在老化工序停留一段时间，所以老化工序必然会有一定量的库存，这就不可能是一个流了。那么，这道老化工艺究竟应该有多少在制品呢？

标准的在制品应该恰好满足老化工艺要求，例如老化要求是 60 分钟，那么在制品就应该恰好在老化工序停留 60 分钟，超过 60 分钟生产周期就会变长，少于 60 分钟就不能满足工艺要求。在实际生产中，为了工作的方便，我们不可能逐一追踪每一个在制品是否恰好满足了工艺要求，一般都会采用控制老化工序在制品数量的方法，如果库存多，则显然老化的时间就会长一些，如果库存特别少，则老化时间就很短。

### 1. 老化工艺标准 WIP 的算法

为了求解标准在制品数量，首先来解释一下关于物流数量的表达方法。

对于物流数量，我们可以称之为 480 个库存、960 个库存。也可以称之为 1 天的库存量、两天的库存量。这两种表达法是可以互相换算的。其中的关键就是生产节拍。例如，图 5.10 中：

- 组装工序的生产节拍是 1 分钟组装一个产品；

- 老化工序有 480 个在制品库存。

那么，由于每天的时间是 480 分钟，因此，老化工序的库存数量刚好够组装工序生产 1 天。因此我们就可以说老化工序有 1 天的在制品库存。

其中的转换公式其实是利用了利特尔法则。

利特尔法则：

Lead Time = 存货数量 × 生产节拍

因此，存货数量 = Lead Time ÷ 生产节拍

标准 WIP 计算公式如下：

标准 WIP = 老化时间 ÷ 生产节拍

例题：

已知，工艺要求老化时间为 3 小时，生产节拍为 20 秒。

请问：老化工序至少应该有多少在制品，才能满足工艺要求？

计算：

标准 WIP = 老化时间 ÷ 生产节拍

= 3 (小时) ÷ 20 (秒)

= 540 (个)

答：标准的在制品应该是 540 个。

### 2. 关于标准 WIP 计算公式的重要补充

首先让我们看下面一道有趣的练习题：

条件 (1)：工艺要求老化时间为 20 小时，生产节拍为 1 小时。

条件 (2)：工厂工作时间为 8 小时。

请问，老化工序至少应该有多少在制品，才能满足工艺要求？

请思考，公式中的老化时间应该取多少呢？是 20 吗？如果是 20，那么根据公式计算可知，老化工序的在制品应该是 20 个才对，但是，依照每小时消耗一个的速度，第一天只能消耗 8 个在制品，第二天又消耗 8 个在制品，第三天的头半天才把最后 4 个在制品消耗完。这样的话，老化工序的在制品实际在老化工序内停留了 2.5 天，等于 60 个小时，显然，这就大大延长了生产周期。

正确的标准在制品数量应该是多少呢？应该是8个，因为虽然老化工序的老化时间是20个小时，可这20个小时里实际消耗量是8个。如图5.11~5.14所示加以说明：

① 早晨上班，老化工序里有8个在制品，分别是1、2、……7、8。

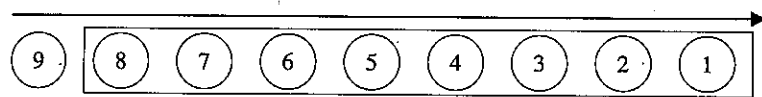


图 5.11 标准在制品说明图 (1)

② 组装工序取走1号在制品，同时，打胶水工序把一个新的9号在制品放入老化工序。

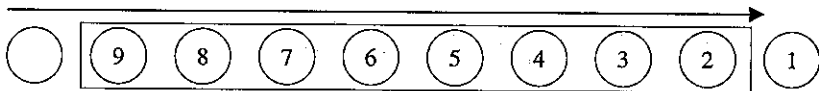


图 5.12 标准在制品说明图 (2)

③ 在工作时间内，每隔一个小时组装工序就消耗一个，每隔一个小时打胶水工序就投入一个

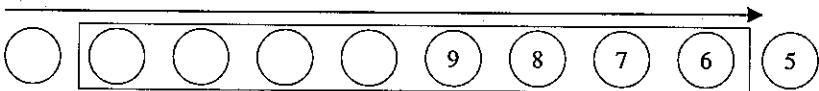


图 5.13 标准在制品说明图 (3)

④ 8小时后，第8号在制品也被消耗掉了。这时，早晨投入的第9号在制品已经老化了8个小时，已经满足了老化工艺要求，因此，8个在制品就够了。



图 5.14 标准在制品说明图 (4)

那么，在这里对标准在制品的计算公式加以补充：

- 标准在制品数量等于在老化时间内消耗掉的数量；
- 公式中，老化时间限定在工作时间内的老化时间。

因此，本例题的正确解答如下：

标准 WIP = 老化时间 ÷ 生产节拍

$$= 8 \text{ 小时} \div 1 \text{ 小时}$$

$$= 8 \text{ 个}$$

为了正确求得工作时间内的老化时间，利用标准 WIP 计算图加以计算。

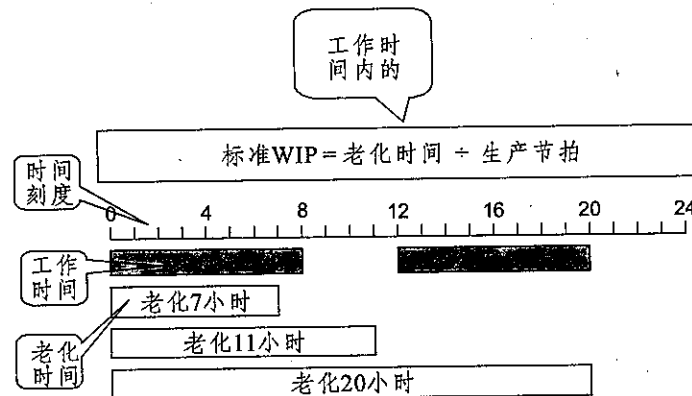


图 5.15 标准 WIP 计算图

图 5.15 所示为标准 WIP 计算图，从图中我们能看到，

- 当老化时间是7小时的时候，工作时间内的老化时间是7小时。
- 当老化时间是11小时的时候，工作时间内的老化时间是8小时。
- 当老化时间是20小时的时候，工作时间内的老化时间是16小时。

标准 WIP 计算图的绘制步骤：

① 第一步：画出24小时的时间刻度线。

② 第二步：从“0”点出发，画出工作时间线，注意班次之间的时间间隔为4小时。

③ 第三步：从“0”点出发，画出老化时间线。

### 三、控制关键路径上的标准 WIP

生产周期的长短与在制品数量息息相关，在制品越多，则生产周期越长，因此，单元生产采用一个流来压缩生产周期。在实践中发现，试图控制所有的工序都采用一个流作业是不现实的，试图什么都控制，实际就是什么都控制不了，因此，必须找到少数关键工序。

实施单元生产的目标是压缩库存、压缩生产周期，并不是所有的工序同时在控制生产周期的长短，事实上，我们总能找到少数关键工序，这些少数关键工序控制着整体的生产周期，这些少数关键工序就是关键路径上的工序。

图 5.16 所示为关键路径示意图。

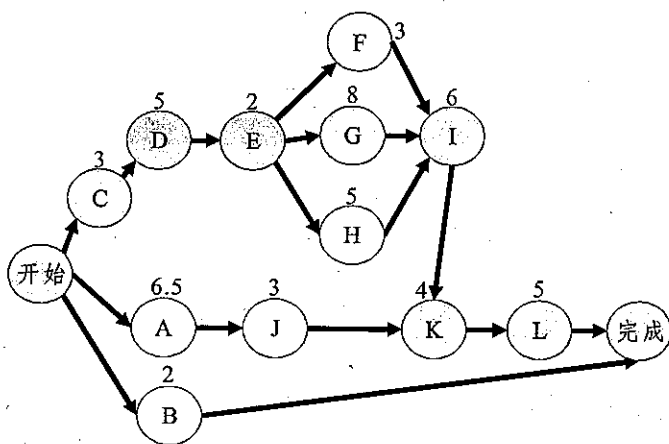


图 5.16 关键路径

在图 5.16 中，一个产品的完成，从原材料开始，要经过 A、B、C、……K、L，一共 12 道工序，每道工序的 Lead Time 标注在工序名称的上面，例如，D 工序的 Lead Time 是 5 天、K 工序的 Lead Time 是 4 天。各工序处在不同的工艺路径上，我们可以看到，总共有 5 道不同的路径：

- 路径 1: C、D、E、F、I、K、L；此路径的 Lead Time 是 28 天。

- 路径 2: C、D、E、G、I、K、L；此路径的 Lead Time 是 33 天。
- 路径 3: C、D、E、H、I、K、L；此路径的 Lead Time 是 30 天。
- 路径 4: A、J、K、L；此路径的 Lead Time 是 18.5 天。
- 路径 5: B；此路径的 Lead Time 是 2 天。

各个路径上的生产周期是不同的，那么整体的生产周期有多长呢？很显然，是 33 天，也就是路径 2 的生产周期。在这里，路径 2 就是关键路径，路径 2 的生产周期决定了整体的生产周期。因此，为了缩短整体上的生产周期，我们就要控制关键路径上各工序的在制品数量，在这些工序上，我们要尽力推行一个流，至于其他工序，可以在布局、老化在制品数量上放松控制。总的控制原则如下：

- 关键工序：集中控制，车间领导应该时时监控；
- 非关键工序：分散控制，采取员工自我控制即可。

## 第三节 生产线编程

生产线编程是指在设计单元生产线时，设计每个单元的人员配置、设备配置，以及作业员在单元内如何工作。

生产线编程可以分为两种类型：

- 装配型单元生产线
- 机加型单元生产线

### 一、装配型单元生产线编程

装配型单元生产线流程的设计步骤：

- 划分工作单元，划分单元内工作站；
- 人员分配；
- 作业方式选定。

## 1. 划分工作单元, 划分单元内工作站

### (1) 划分单元

单元生产的基本原理之一, 是把生产一个产品所需要的所有工序全部连接在一个单元内。但是, 很多情况下这很难实现。

一个明显的限制因素就是作业熟练度, 例如, 各个工序的组装时间之和是 2 个小时, 如果我们把这 2 小时的作业全部安排在一个单元内, 并且采取一人完结方式的话, 那么恐怕作业员半年以后才能熟练掌握操作技能, 这种情况下的生产效率和水平势必令人无法接受, 因此, 在单元生产投入运作之初, 每个单元的组装时间之和不宜过长。

另一个制约因素就是布局。产品本身的工艺流程往往是复杂的, 在这种情况下追求流水化的结果, 就不可能是一个单纯的“U”型, 对大多数产品来说, 由多个“U”型单元组成的“花瓣”型更加符合流水化原则。

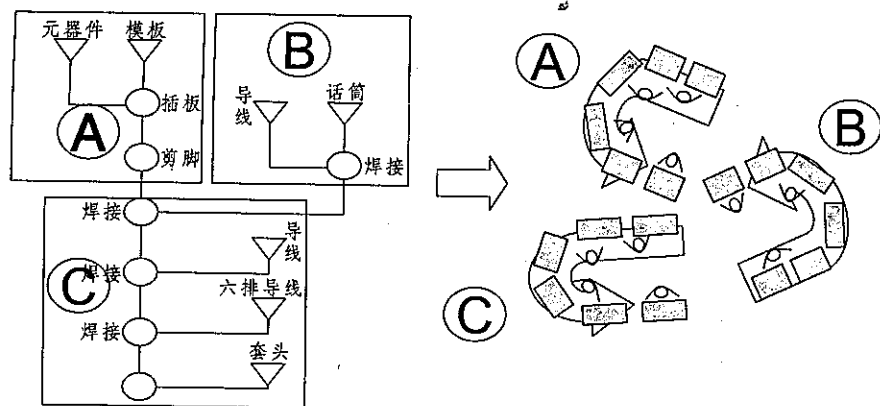


图 5.17 花瓣形布局图

如图 5.17 所示, 左侧图是一份工程图, 右侧为相应的布局示意图。在工程图中我们可以看到, 整个流程可以分为三部分: A、B、C。从流水化布局的角度来考虑, 右侧的示意图真正实现了前后衔接的流水化。但是同时也很清楚, 完整的一个工序被划分成了三个单元。

从熟练度的角度来考虑, 划分成三个单元是有意义的。完整的工

序工时总和是 9 分钟的话, 分成三个单元平均就是 3 分钟。一般在首次实施单元生产时, 如果采用一人完结方式的话, 建议单元总工序工时不要超过 3~5 分钟, 这样的话, 作业员 5 天的时间就可以达到合格的熟练程度。

划分单元的标准有两个:

- 流水化布局;
- 单元总工时不超过 3~5 分钟。

### (2) 划分单元内工作站

工作单元内部是由一系列的工作站组成的, 所谓工作站, 通俗地讲, 在装配型单元生产线内就是一张作业台上包含的所有工序的总和, 也就是说, 工作单元由一张张作业台布局而成, 每一张作业台就是一个工作站。

每张作业台, 或者说每个工作站应该分配多少工作量呢? 原则上应该在各作业台上平均分配, 但是, 由于工艺的不可分割性, 实际上每个工作站的工作负荷都是不一样的, 总会有多有少。那么, 有没有什么标准呢? 有, 每个工作站的工作量都不能超过生产节拍, 例如, 某单元的生产节拍设定是 25 秒, 那么就不能允许有总工作量 26 秒的工作站存在, 因为这种情况下必然是 26 秒才加工完一个产品, 这样的话这个单元的生产能力就不能满足客户的需求了。

工作站的工作负荷标准:  $\text{Cycle Time} < \text{Takt Time}$

Cycle Time 就是工作站加工一个产品花费的时间, 在数量上和标准工时是相等的。

## 2. 人员分配

一个工作单元内究竟应该安排多少作业员, 这就是本环节要解决的问题。

作业员人数 =  $\text{Total Cycle Time} \div \text{Takt Time}$

Total Cycle Time 就是单元整体加工一个产品花费的时间, 在数量上和单元总工时是相等的。

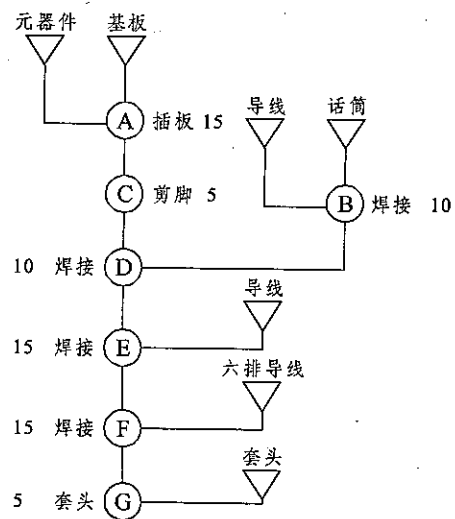


图 5.18

例如，图 5.18 中，

A 工序的 Cycle Time 是 15 秒，B 工序的 Cycle Time 是 5 秒。

已知：

条件 1：生产节拍是 15 秒。

条件 2：各工序 Cycle Time 如图所示。

求解：该生产单元应该安排多少作业员？

解答：

$$\begin{aligned}\text{Total Cycle Time} &= 15+5+10+10+15+15+5 \\ &= 75 \text{ (秒)}\end{aligned}$$

$$\text{Takt Time} = 15 \text{ (秒)}$$

$$\begin{aligned}\text{作业员人数} &= \text{Total Cycle Time} \div \text{Takt Time} \\ &= 75 \div 15 \\ &= 5 \text{ (个)}\end{aligned}$$

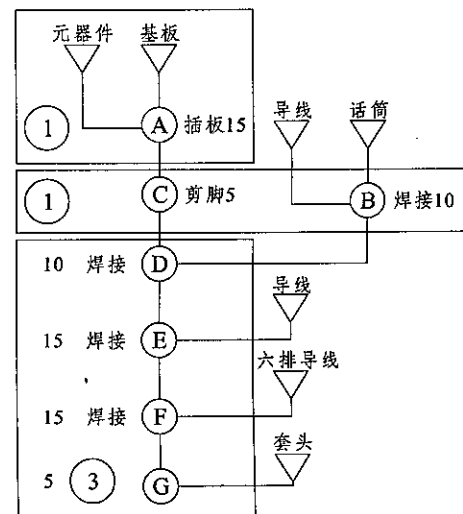


图 5.19

5 个人的作业分配如图 5.19 所示：

- 1 位作业员负责 A 工序；
- 1 位作业员负责 B、C 工序；
- 3 位作业员负责 D、E、F、G 工序。

### 3. 作业方式选定

在单元内，作业员的作业方式有两种：

- 不用移动的“站立式”；
- 需要移动的“巡回式”。

具体采用哪种方式，需要考虑实际布局和工作分配情况。

例如，上述案例中分成了三个单元，

第一个单元 1 个人做 A 工序，可以采取站立作业；

第二个单元 1 个人做 B、C 工序，可以采取站立作业；

第三个单元 3 个人，做 D、E、F、G 工序，这时就必须采取巡回作业了，否则就没有办法实现生产线的平衡。

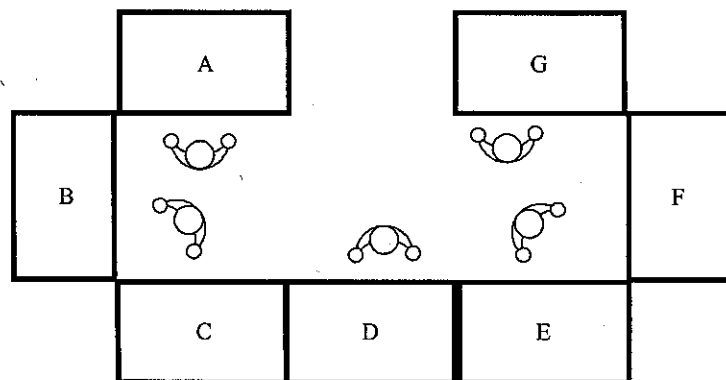


图 5.20

图 5.20 中，第三个单元各工序的 Cycle Time 分别是 10、15、15、5。三个人完成四道工序的最佳方法就是巡回作业。

## 二、机加型单元生产线编程

机加型单元生产线的特点在于构成单元的主体是机器设备，因此这种类型单元生产线的设计方向是在满足客户产能要求的情况下实现“一人多机”。

帮助进行机加型单元生产线的流程设计的辅助工具是标准操作组合表，利用组合表进行流程设计的步骤如下：

- 第一步：计算要求的节拍时间
- 第二步：确定标准作业顺序/可操作机器数
- 第三步：确定标准在制品 (WIP)

### 1. 计算要求的节拍时间

所谓节拍时间 (Takt Time)，是指为了完成生产计划所必须保持的生产速度。

生产节拍的计算，在三种不同的环境下，相应产生三种不同的算法。

- 第一种：按顾客需求确定生产节拍；
- 第二种：根据设备能力确定生产节拍；

- 第三种：根据人员生产能力确定生产节拍。

### 2. 标准操作顺序

在安排作业员进行一人多机操作时，需要测定手工操作时间和机器自动加工时间，以及作业员在不同机器间来回走动所产生的走动时间。标准操作组合表如表 5.17 所示：

确定了节拍时间和每一种机器生产一个产品所需手动时间、自动时间、走动时间，接下来必须计算出每位作业员能够看管的机器数目，换句话说，就是确定每位作业员的操作顺序，先操作哪台机、后操作哪台机。

所谓标准操作顺序，是每位作业员在规定的节拍时间内必须执行的活动顺序。在这里，必须区分加工工艺顺序和标准作业顺序，因为这两个顺序很多情况下是不一样的。

标准操作顺序的重点，在于确定某一台设备的自动加工能不能在作业员在下一个节拍开始操作这台设备之前结束。设定正确的作业顺序时，要使用“标准操作组合表”。

表 5.17

标准操作组合表

品名：		生产节拍：56						手动
操作顺序	机器名称	手动时间	自动时间	步行时间	0	20	40	
1	A	4	46	2				
2	B	10	20	2				
3	C	15	27	2				
4	G	11	36	2				
5	H	4	48	2				
6	D	22	34	2				
7	E	16	24	2				
8	F	10	42	2				

典型的“标准操作组合表”如表 5.17 所示。

绘制“标准作业组合表”的步骤如下：

- ① 第一步：事先确认操作人员能够操作的工序的大致范围。作业

员拥有多种技能,是我们进行机加式单元生产线设计的基础。否则就只能是一人看一台机器了,这突显出了多能化教育的重要性。

② 第二步:在作业时间轴上,用黑色粗线画上节拍时间。

③ 第三步:确定作业员的第1道工序,把事先测定的手工操作时间和机器自动加工时间填写到相应的手动时间、自动时间栏里。在表 5.17 中,我们确定第1项操作从机器 A 开始。时间轴上,手工操作时间用红色的长方框标示,机器自动加工时间用蓝色的直线标示。

④ 第四步:确定作业员的第2道工序。在这一步里,我们选择接下来操作 B 工序。在 B 工序里,进一步讲,在这个阶段必须把从一台设备到另一台设备之间的步行时间也考虑进去,如果需要或多或少的步行时间的话,就必须把步行时间标示出来。时间轴上,用紫色的斜波浪线条标示步行时间。接下来是 C 工序, C 工序的机器自动加工时间是 27 秒,为了便于判断,我们没有把代表 C 工序自动加工时间的线条继续向右延伸,而是在碰触到节拍时间线后,从时间轴的左端延伸出来,这样,只要延伸线不与红色手工操作标识相重叠,就代表生产能力是充足的。

⑤ 第五步:重复第三和第四个步骤,直到确定所有的操作顺序。如表 5.18 所示,在确定生产顺序时,不需要拘泥于工艺流程,例如在选择完 B、C 后,不必一定选择机器 D,我们可以选择机器 G。时刻记住,操作的顺序不一定和工艺顺序相同,我们究竟采用何种操作顺序,取决于生产线平衡的需要。

表 5.18

生产节拍: 56			手动				
手动时间	自动时间	步行时间	0	20	40	60	80
4	46	2					
10	20	2					
15	27	2					
22	34	2					
16	24	2					
10	42	2					
11	36	2					
4	48	2					

⑥ 第六步:如果最后的返回点和生产节拍的黑粗线相吻合的话,则我们得到了一个最佳的操作顺序;如果最后的作业在生产节拍线前面结束的话,就要尝试是否可以追加更多的机器设备;如果最后的操作超出了这条黑粗线,就必须考虑如何进行改善缩短 Cycle Time。

⑦ 第七步:进行布局设计,以实现标准操作组合表的理想设定。

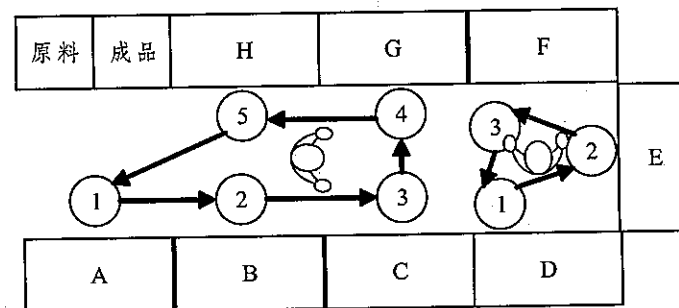


图 5.21 机加单元布局图

我们在图 5.21 中看到,第一位作业员的操作顺序是 A、B、C、G、H;第二位作业员的操作顺序是 D、E、F,而工艺顺序是 A、B、C、D、E、F、G、H,再次提醒大家:为了提高生产线平衡率,为了提高生产效率而得出的操作顺序与工艺顺序是可以不一致的。

### 3. 确定标准在制品数量

所谓标准在制品,指的是生产线操作所必需的,最小限度的在制品数量。一个流当然是标准在制品的理想状态。一台机器上只有一个在制品是最理想的情况。但是,在两种情况下,我们要适当的增加在制品数量:

- 工艺流程中存在老化工艺。

老化工序标准 WIP = 老化时间 ÷ 生产节拍

- 作业顺序不同,持有量也不同。

如果操作顺序与工艺顺序同方向的话,标准在制品在数量上是每台机器上有一台,机器与机器之间的在制品就没有必要了。但是,如果操作顺序与工艺顺序正好相反的话,则设备与设备之间就必须要有在制品了。

## 第四节 生产线布局

生产线布局的原则，可以概括为“两个遵守、两个回避”。

- 两个遵守：逆时针排布、出入口一致。
- 两个回避：孤岛型布局、鸟笼型布局。

单元生产线的理想布局之一是花瓣型布局

### 一、逆时针排布

逆时针排布，主要目的是希望员工能够采用一人完结作业方式、能够实现一人多机。一人完结与一人多机要求一个员工从头做到尾，因此员工是动态的，称之为“巡回作业”。大部分作业员是右撇子，因此如果逆时针排布的话，当员工进行下一道加工作业时，工装夹具或者零部件在左侧，员工作业并不方便，这也正是逆时针的目的——员工就会走到下一工位——巡回的目的也就达到了。

### 二、出入口一致

出入口一致，是指原材料入口和成品出口在一起。例如图 5.22，原材料入口 A 与成品出口 H 在一起。

为什么要求出入口一致呢？

第一：出入口一致有利于减少空手浪费

假设出入口不一致，作业员采用巡回作业，那么当一件产品生产完了，要去重新取一件原材料加工的话，作业员就会空手（手上没有材料可以生产）从成品产出口走到原材料投入口，这段时间是浪费。如果出入口一致的话，作业员立刻就可以取到新的原材料进行加工，从而避免了空手浪费。

第二：出入口一致有利于生产线平衡

由于出入口一致，则布局必然呈现类似于“U”的形状，这使得各工序非常接近，从而为一个人同时操作多道工序提供了可能，这就提高了工序分配的灵活性，从而取得更高的生产线平衡率。

### 三、避免孤岛型布局

孤岛式布局把生产线分割成一个个独立的工作单元。典型的孤岛型布局如图 5.22 所示：

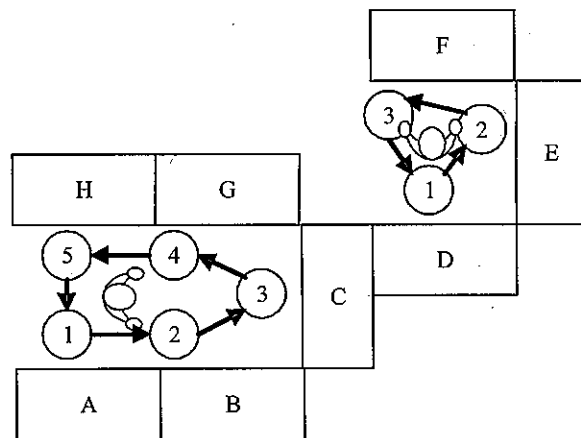


图 5.22 “孤岛式”布局

这种布局的缺陷在于：单元与单元之间互相隔离，无法互相协助。

### 四、避免鸟笼型布局

鸟笼型布局往往是没有考虑到物流、人流顺畅的结果，这种布局错误的用机器设备或者工作台把作业员围在中间。典型的孤岛型布局如图 5.23 所示：



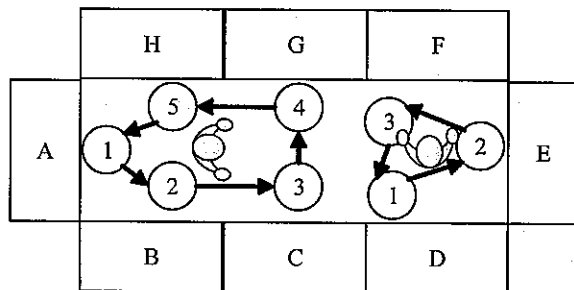


图 5.23 “鸟笼式”布局

鸟笼式布局使得物流不顺畅，在制品增加，单元与单元之间的互相支援也变得几乎不可能。

## 五、花瓣式布局

花瓣式布局是由多个单元共同组成，是按照“两个遵守、两个回避”原则进行布局的结果。这种布局有助于提高单元间的互相协助，从而提高生产线平衡率。花瓣式布局如下图 5.24 所示：

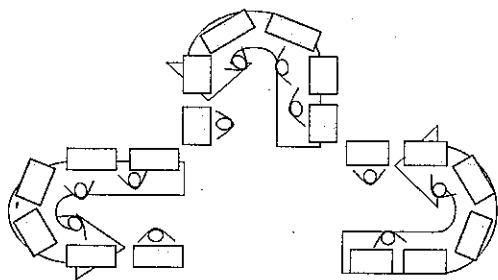


图 5.24 “花瓣式”布局

花瓣式布局是进行“互助协作”的必要条件。

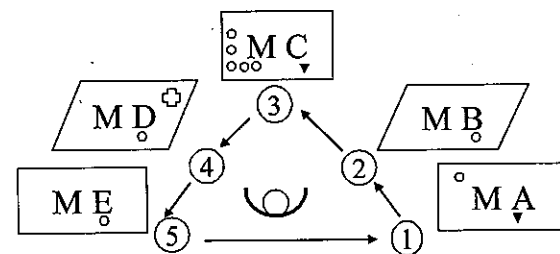
互助作业就好像运动场上的接力赛一样，在交接区，实力强的选手可以适当的弥补实力弱的选手。在工作中也是一样，单元之间的作业员也要把产品像接力棒一样去传递。如果前单元的作业员耽误了时间，后

单元的作业人员就帮助前单元作业员从机器上卸下产品。而这种做法，显然要依靠“花瓣式”布局为前提。

## 第五节 标准操作书

单元生产线排程的最后一部分，是制作标准操作书。标准操作书的英文是“stand operation process”，简称为“SOP”，虽然英文直译是“标准操作流程”，但中国习惯上称之为标准操作书。标准操作书是直接指示员工如何进行在单元内操作的标准。在“操作书”中包含下列各项要素：

- 节拍时间；
- 操作顺序；
- 标准 WIP；
- 进行质量检验的位置；
- 提醒作业人员注意安全的位置。



质量检查	安全检查	标准在制品	WIP数量	Takt Time
▼	+	○	9	80

图 5.25 标准操作书 (SOP)

标准操作书应该张贴在该生产单元的操作人员能够看到的地方，以便切实起到帮助员工完成单元生产编程的效果的作用。

# 第六章

## 现场改造实施

- 第一节 改造设备
- 第二节 废除传送带，制作单元作业台
- 第三节 单元生产的目视管理
- 第四节 清除物流、信息流障碍
- 第五节 亲自动手，实施布局

在第五章我们已经学习了单元生产线的编程方法。为了实现单元生产线的设计意图，需要根据生产线编程设计的要求进行生产线改造，改造分为四个方面：

- 设备选用和设备改造；
- 废除传送带，制作单元作业台；
- 运用目视管理；
- 清除物流、信息流障碍。

最后，当这一切准备妥当以后，需要作业员亲自动手实施单元生产的蓝图。

### 第一节 改造设备

#### 一、设备选用——小型低速设备

机器设备大致分为两种，一种是大型高速设备，另一种是小型低速设备。单元生产线，是选用大型高速设备还是小型低速设备？

高速大型设备是现代科技的结晶，机器大工业的代表。国内很多人在总结中国工业落后的原因时，设备的落后常常被提起。大型设备造价昂贵，但是由于速度快产量高，因此平均分担到每个产品上的机器费用就不高了。

但是，高速、大型设备有不可避免的缺陷。

##### ① 可靠性差

九十年代初期，美国、日本的机器设备开发登峰造极，有人开始实践无人工厂。但是，最近就没有人再搞这种东西了，为什么呢？因为成

本太高了。搞所谓的无人工厂，本意是不需要雇佣劳动力了，这样就节约成本，但是无人工厂还是有人的，无人工厂需要大量的技术人员进行维护工作，因此实际上，人力成本不但没有节省下来，反而增加了。

机器设备的研制到了当前这个阶段，走了弯路，只是重视了自动化、精密化、高速化，把可靠性给忽略了。越是精密的设备可靠性越差，从国外进口的机器尤其如此，因为机器设备是人家设计的，我们不懂其中的原理、操作方法、维护方法，甚至润滑油的使用都会出问题。出问题以后又要高价从国外聘请专家修理，花费太高实在不划算。

## ② 不适应当前市场环境

加工速度快，在供不应求的时代是个优点，现在则需要重新考虑了。顾客有这么大的需求吗？生产出来的东西卖得出去吗？有些公司采用了大型的设备，为了把采购设备的成本分摊出去，在需求饱和的情况下，拼命压低售价，结果，工厂的员工变成了为机器设备打工。

“用二流设备，制造一流产品，卖给中国”，这就是很多日本企业的生财之道。日本企业界很早就不再盲目追求大型高速自动化设备了。例如以前日本有所谓的彩电自动生产线，后来日本人发现彩电更新换代太快，生产线才运转很短的时间就要被淘汰掉，于是，日本把彩电生产线、冰箱生产线、录像机生产线以低价卖给了中国企业，他们自己反倒是在中国设厂，然后尽可能的采用低速、小型、可靠性高的设备。

2005年，广东东莞一带1个月的时间有十几家MP3制造厂倒闭！现在的电子产品竞争如此激烈、产品更新换代如此迅速，如果这些厂家购买的是大型高速自动化设备，恐怕要亏得血本无归了。

小型设备有小型设备的优点，小型设备造价低，可靠性高，搬运灵活，非常适合用在单元生产线上。在我们设定的生产节拍较低的情况下，小型设备由于速度比较低，更容易实现同步生产，而高速设备则会造成大量的库存。在我们设定的生产节拍较高的情况下，我们可以用多台小型设备来实现同步生产，这就给我们提供了很大的灵活性。

## 二、设备改造——灵活移动

单元生产非常重视构造柔性的生产线，在产量变动、产品切换的时候，要求能够很快完成。产量变动、产品切换都需要重新布局。不幸的是，传统企业的机器设备往往成为绊脚石。很多国营企业的机器设备用钢钎紧紧地固定在地板上，看来是打算一、二十年内再也不做布局变动了。这可真是奇怪！市场不断变化、产品不断变化，布局却从来不变，我们完全可以想见，这种生产工厂的产能平衡率会差到什么程度。

因此必须要改变，最低限度是拔掉钢钎，如果可能的话，还应该给机器按上轮子。对于安装轮子，大家要小心，不是所有机器都应该按轮子的，例如震动太大的设备就不合适，否则的话，一边加工作业，一边跟着设备到处乱跑可就不妙了。至于大型高速设备，就不要改装了，因为这种设备本身就是和单元生产追求灵活、低库存的理念相违背的。大家仔细核算一下，是不是可以把大型设备卖掉？

## 第二节 废除传送带，制作单元作业台

### 一、废除传送带

单元作业台，在装配型的单元生产线里，替代了传送带。在图6.1中，传统的流水线以传送带为标志，而在图6.2所示的单元生产线里，传送带却被废除了。



图 6.1 传送带流水线

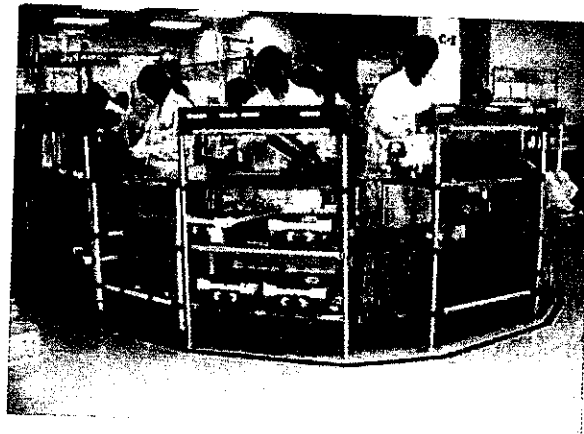


图 6.2 单元生产线

传送带的作用是把物料从一个地方移动到另外一个地方，作业员坐在两旁等待物料传递到自己面前。采用传送带，使得作业员在自己的工作岗位上没有移动浪费。亨利福特也曾经抱有这样的想法。这种想法，从每位作业员的效率角度分析时是正确的，但是如果从整个工厂的平衡率和作业人数最小化的观点分析就不正确了。如果是采用传送带，各处的作业人员互相隔离，对于各自的作业就不能互相帮助，这时，就不如把传送带撤掉了。在工作单元内，撤掉传送带，作业员必须在设备之间、工作台之间

行走，这是单元生产的特色之一。另外，理想的单元生产线形态是花瓣形，而且是常常变化的花瓣，这对于生硬的传送带来说，是勉为其难了。

## 二、单元工作台的规格

单元工作台是一张张独立的工作台。组装型单元生产线主体就是由这些独立工作台构成的。图 6.3 所示为一张典型的单元工作台。

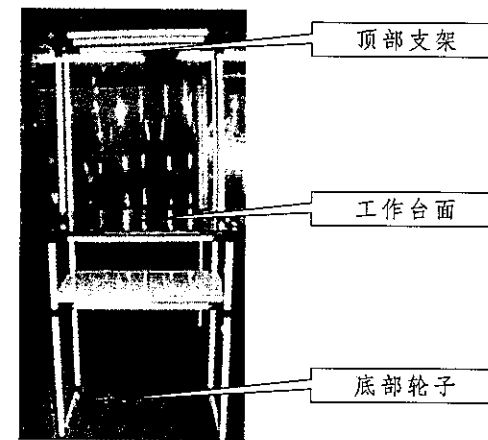


图 6.3 单元工作台

图 6.4 为单元工作台的草图。

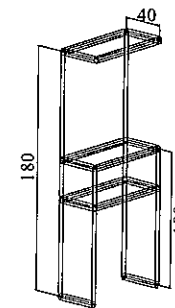


图 6.4 单元工作台草图

① 工作台的高度：从底部轮子到作业台面，高度在 85 厘米到 100 厘米之间。高度合适与否的判定标准：请作业员直立站好，此时工作台面应该略低于作业员的肘关节 1 厘米。

② 顶部支架高度：从底部轮子到顶部支架，高度在 180 厘米到 200 厘米之间。高度合适与否的判定标准：把自动打螺丝器等工具悬挂在顶部支架上，自然下垂，距离作业台面 30 厘米。

③ 工作台面长度与宽度：视被加工产品的大小而定。一般电子产品工作台面长度是 120 厘米，宽度是 40 厘米。可以适当调整尺寸，一般来说，宽度是不变的，不要调整，而长度可以调整，例如调整为 150 厘米。但不提倡更长的桌面，因为桌面越长，越容易堆积在制品，各种工具、零件取放起来也越困难。

### 三、单元工作台的材料

单元工作台主要由下列材料构成：

① 管材。单元工作台采用 PVC 钢管。这种管材的优点在于容易切割。

② 紧固件。可以在市场买到与 PVC 钢管配套的紧固件。紧固件与 PVC 钢管相结合，就能够制成我们设计的任何形式的单元工作台。

③ 轮子或者地脚。作为单元工作台的支撑，我们有两种选择，一是地脚，二是轮子。轮子的优点在于可以灵活搬运工作台，地脚的优点在于稳定性更好一些。二者都必须是可以适当调节高度的，这样，我们就可以针对作业员的身高进行微调，从而达到最舒适的作业高度。

④ 木材或金属材质的工作台面。

一般常规的单元工作台采用木板就可以了，但是很多电子行业会用金属的工作台面，这是出于防静电的考虑。在解决静电问题时发现，传统防止静电方法只是试图不让加工的产品产生静电，这种方法还不够，可以进一步采取“疏导”的方法。因此，可以把工作台面设计成金属，然后把金属工作台面与地面导通。这样，当产品接触到工作台时，残存的静电就被转移到了大地。注意，防止静电产生和利用金属面板疏导静

电的方法必须结合起来用，绝对不可以没有采取任何防静电措施的情况下就疏导静电，大量静电荷正无处释放，忽然遇到金属导体，电子元器件就会被击穿。

⑤ 日光灯。

把照明用的日光灯直接安装在作业台上。首先是因为很多工厂把照明灯安装在天花板上，虽然灯的照度很高，但是，光线的强度和距离的平方成反比，因此，等到光线到达工作台面，已经很弱了。因此，在进行单元生产工作台设计的时候，要把光线设计到工作台顶部支架上。

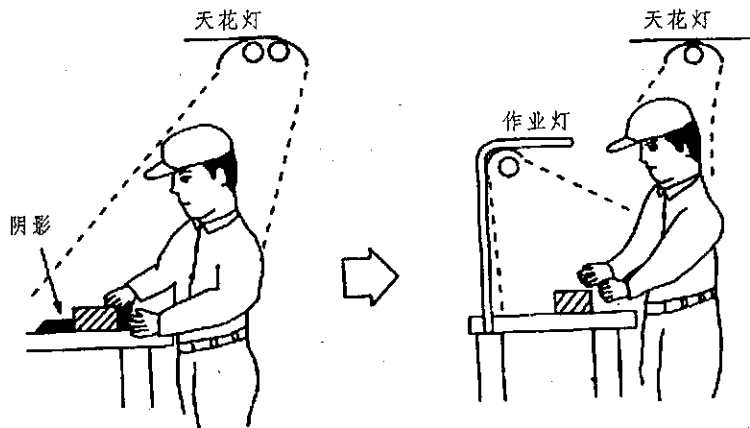


图 6.5

如图 6.5 所示，工作台上的灯光角度适合作业。

光线不足，则容易产生品质事故。另外，就生产效率来说，光线不足会引起大脑疲劳，大脑疲劳会使生产效率急剧下降。那么，什么样的照度才是最合适的呢？原则上讲，光线越接近自然光越舒适。从光照强度角度来讲，不同行业对照度的要求是不同的。下面给出不同行业的照度标准：

表 6.1 不同行业照度标准

照度 (lx)	作业区分	作业场地
1000 (700—1500)	超精密作业	超精密机械加工、精密检查、电子零件、手表、照相机的装配、皮革、印刷活字的检查、制版修正、精加工
500 (300—700)	精密作业	精密机修加工、收音机、电话、打印机、马达的装配、绕线圈、作画及普通的检查工位
200 (150—300)	普通作业	普通的机械加工、装配作业、冲压、电镀、涂装、布线、印刷
100 (70—150)	粗作业	普通的搬运作业、普通材料、零件仓库

表 6.1 所示为不同行业的照度标准。照度的单位是“流明”。

表 6.2 工作台采光系数最低值

识别对象的最小 尺寸 d(mm)	视觉工作分类		亮度对比	最低照度 (lx)	
	等	级		混合照明	一般照明
		甲	小	1500	/
$d \leq 0.15$	I	乙	大	1000	/
		甲	小	750	200
$0.15 < d \leq 0.3$	II	乙	大	500	150
		甲	小	500	150
$0.3 < d \leq 0.6$	III	乙	大	300	100
		甲	小	300	100
$0.6 < d \leq 1.0$	IV	乙	大	200	75
$1 < d \leq 2$	V	/	/	150	50
$2 < d \leq 5$	VI	/	/	/	30
$d > 5$	VII	/	/	/	20
一般观察生产过程	VIII	/	/	/	10
大件贮存	IX	/	/	/	5
有发光材料的车间	X	/	/	/	30

从光线的颜色来讲，白光是合适的。有的机加工车间里的光线是黄

色的，这是不对的。本来，这些机加工车间用的是发白光的汞灯，可是，汞灯容易坏，结果就逐渐换成了不容易坏的高压钠灯。但是高压钠灯发黄光，这种灯用在公路上是恰当的，因为黄光穿透雾气的能力很强，用到车间就不合适了。从光线的频率角度讲，日光的频率大概是 5000 赫兹，一般的灯具显然达不到这个标准。虽然已经有了高频闪的护眼灯，可惜太贵了。但是，至少我们可以挑选一些频闪比较稳定的日光灯。

## 四、单元工作台的制作

单元操作台的制作采取 DIY (Do It Yourself) 的方式，就是作业员自己动手制作。这是精益生产强调以人为本、多能化的一部分。不但操作台自己制作，而且以后如果发现工作台不太合适而需要改善的话，也是自己拿起工具就亲自动手做。

实施过程中发现，作业员很喜欢这种方式。自己制作作业台，亲手铺上胶皮，放好各种工具，然后开始工作，很多作业员从中体会到了劳动带给自己的成就感。

## 第三节 单元生产的目视管理

所谓目视管理，是建成一目了然的现场来组织现场生产活动，达到提高劳动生产率的一种管理方式。它是以视觉信号为基本手段，以公开化为基本原则，尽可能地将管理者的要求和意图让大家都看得见，借以推动自主管理、自我控制。所以目视管理是一种以公开化和视觉显示为特征的管理方式，也称之为“可视化管理”。

生产进度控制是管理中的一个大课题。我们常常说，生产计划与进度控制是一把剪刀的两面刀刃，失去了任何一面刀刃，另一面刀刃也就没有意义了。意思是说，失去了对生产进度的控制，计划就不起作用了。

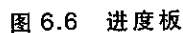
单元生产废除了传送带，改用目视管理工具来实现进度控制。

### ● 进度指令——进度板、蜂鸣器

- 仓库地图
- Andon 系统

### 一、进度指令——进度板、蜂鸣器

### 1. 进度板



进度板的优点在于制作简单，一目了然。进度板能够给管理者提供

直接的信息。进度板的缺点在于对于作业员来说信息反馈太慢，每小时一次，实际是一种事后控制。

## 2. 蜂鸣器

蜂鸣器是每隔一段时间发出一次蜂鸣声的小电子设备。每隔多长时间呢？当然是每隔一个节拍就响一次。提醒作业员应该有一个产品加工完成了。

蜂鸣器的优点：达到了同步提醒生产进度的效果。蜂鸣器的缺点：蜂鸣器是采用声音控制生产，作业人员自然理解其中的含义，但是现场的管理者却无法做到对生产进度一目了然。

## 二、仓库地图

## 1. 仓库地图

仓库地图是指为各个产品分别安排了一个存放场所，这些场所被标注在仓库看板上。





图 6.8 仓库位置

图 6.7 是一张仓库地图，地图上的每一张卡片代表一个仓库位置。例如，在 2921 仓库位置上，插入了一张卡片，卡片上有该位置的产品存放信息。2921 位置上放置的产品必须与该卡片信息相对应。

图 6.8 所示为“2921”号地址。该位置的产品已经标注在仓库地图上的卡片里。

搬运工通过地图上的地址以及卡片信息，就可以搬运零部件了。运用好仓库地图的关键不是地图本身，而是仓库物品的管理办法。

## 2. 物品的放置方法

物品的放置方法以 2S、3 定为原则。

- 2S：整理、整顿
- 3 定：规定品种、规定位置、规定数量

放置场所要在作业区域附近通过画线、标示货架号码使得每个人都可以知道。物品要按照品种类别放置，数量也要明确，堆码高度要有限制。要求能够做到先入先出，一眼就能看出加工的顺序。要求规定货架号码、所属地址、数量的管理的范围、了解是否过多或不足。

## 三、Andon 系统

“Andon” 的中文发音是安藤。

### 1. 什么是 Andon

Andon 是在生产过程中出现异常时，迅速告知大家的指示灯。指示灯原则上由作业员亮灯，因此 Andon 授权作业员可以在异常时呼叫支持。Andon 对于企业快速实现精益很有帮助，可以使得企业能够迅速发现问题，从而建立健康的生产流程。

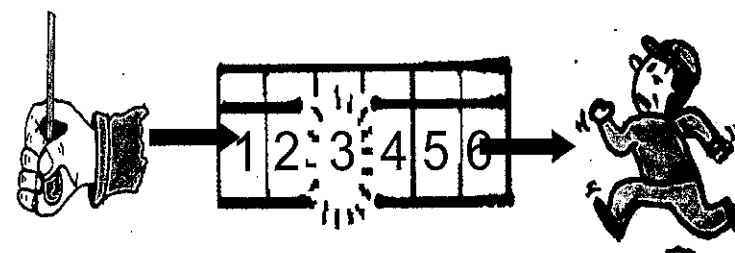


图 6.9 Andon

### 2. Andon 的不同形式

从简单的信号指示灯，到复杂的控制板，Andon 有多种不同的形式。这些形式有个共同点，就是都能够及时地、真实地反映情况。

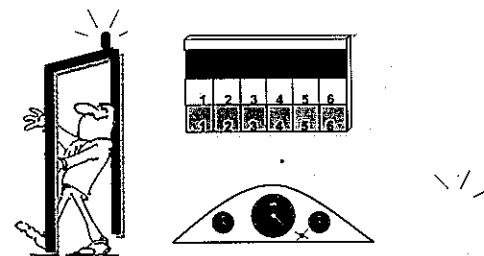


图 6.10 Andon 的不同形式





图 6.11 异常指示灯

其中，最常用的是异常指示 Andon 灯。

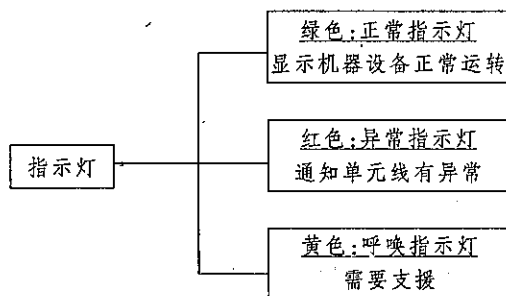


图 6.12 异常指示灯的含义

在图 6.12 中，异常指示灯分为三种颜色：

- 正常指示灯：单元生产线正常运转时，绿色灯亮。
- 呼唤指示灯：叫出负责人（班长、指导员）并寻求其支援，黄色灯亮。
- 异常指示灯：异常发生、不良发生、机器故障、欠品、工作切换，红色灯亮。

### 3. Andon 的作用

- 在异常发生时，Andon 代替人发出指示，并且这种指示往往更加直接、紧迫。
- Andon 使得现场管理者花费很少量的时间用于监督异常的发生，把更多的时间用于解决异常情况。
- Andon 使得作业员从对机器设备的监视工作中解放出来，从而使工作更加有效率。

理解 Andon 的作用非常重要，它可以使我们避免错误地认为 Andon 是万灵药，错误地认为 Andon 可以解决异常。实际上，Andon 的本质是快速、醒目的告知全员：异常已经发生了，快来对应！

请注意，如果只有 Andon，而没有足够的精力对异常做出反应，或者始终无法解决异常的话，Andon 没有任何意义。

### 4. Andon 的特点

- 醒目：要求发出的信号是光信号或者声音信号，信号清晰醒目，并且人人可见。
- 简洁易懂：信号的含义要求一目了然。信号分成三种，红色代表单元生产已经停止运作，黄色代表需要援助，绿色代表一切正常。
- 实时：发生异常后，立刻发出信号，绝不拖延。
- 明确：每一个 Andon 灯只能代表一个区域、一条单元生产线，一台设备。支援人员能够准确地到达异常发生地点。

### 5. Andon 系统的构成

Andon 系统由触发器、信号灯构成。

如图 6.13 所示，触发器分为两种，一种是按钮，另一种是绳子。异常发生时，按下按钮或者拉下绳子。

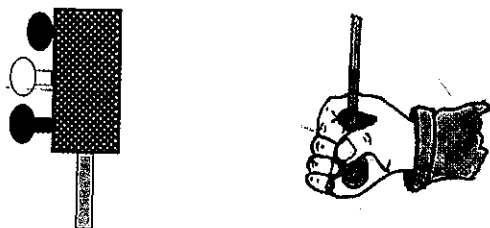


图 6.13 两种触发器

具体是由作业员还是班组长触发 Andon,取决于自己公司具体的授权。在丰田公司,运用 Andon 时采取的是广泛授权,每位作业员在发现异常时都可以触发 Andon。并且,触发 Andon 后不仅仅是寻求援助,实际上整条生产线都会因此而停下,直到问题解决。

在什么情况下可以触发 Andon 呢?视各公司对异常的定义而定。一般来说,发生品质异常、断料、生产切换时都可以触发 Andon,引起重视,寻求帮助。

信号灯分为两种:一种是简单的一个信号灯,另一种是众多信号灯组成的信号灯看板。

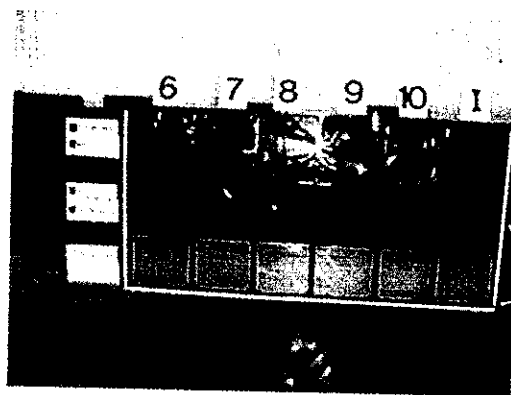


图 6.14 信号灯看板

在图 6.14 所示的信号灯看板上,注明了每个 Andon 对应的生产线

编号、人员姓名,以及电话号码(如果有电话的话)。

在正常状态下,Andon 显示为绿色。如果需要支援,作业员会按下按钮,这时黄色灯亮。如果支援人员到来了,在解决问题的过程中,黄色灯会一直亮着。如果问题一直没解决,或者支援人员一直未到,则红色信号灯亮起,生产线停止运作。

与普通的信号相比,信号灯看板信息更加集中。这种信号灯板可以设在支援团队所在地,可以让支援人员立刻判断出是哪里发生了异常。更高级的信号灯板还应该显示发生了哪种异常。

#### 6. Andon 系统在丰田公司的应用

丰田公司使用信号灯控制生产节拍。例如,生产节拍为 3 分钟,在信号灯看板上,绿灯处于常亮状态。每隔三分钟,工作单元就应该生产出一个产品,这时,单元的负责人就可以按一下 Andon 按钮,如果三分钟内没有生产出产品的话,单元的负责人不可以按 Andon 按钮,那么,在“信号灯看板”上,红色信号灯就会亮起,并且发出声音。

丰田公司使用音乐控制混流生产。丰田公司的一条生产线能够同时生产不同的产品,这叫做混流生产。作业员了解什么时间生产什么品种、用多快的速度进行生产是通过听音乐。例如同时生产 4 款产品,于是变换播放四种曲调。例如,在最初的四分之一节拍播放《致爱丽丝》,第二段播放《樱花啊樱花》,第三段播放《村里的铁匠铺》。如果开始听到《天空之城》的旋律,那就意味着应该生产最后一款产品了。

### 第四节 清除物流、信息流障碍

精益生产追求速度,实施精益生产的过程就是不断扫除物流、信息流障碍的过程。在生产现场,为了物流的顺畅,需要拆除一切障碍物;在办公区域,需要打破部门之间的壁垒,首先是打破物理壁垒。

## 一、飞龙在天

观察常规企业的生产现场，会发现地上布满了各种各样的管线：电线、真空管、电话线，甚至网线。这对于物流的顺畅、对于生产布局的灵活性都是很大的阻碍。

就布局来说，我们追求在 10 分钟之内把一条单元生产线布好。为什么是 10 分钟呢？因为很多企业的工间休息时间就是 10 分钟，我们希望布局时不会浪费任何产能。如何才能做到 10 分钟布置一条新的单元生产线呢？这就需把原来放置在地面上的各种管线全都升到天花板上，美其名曰“飞龙在天”。

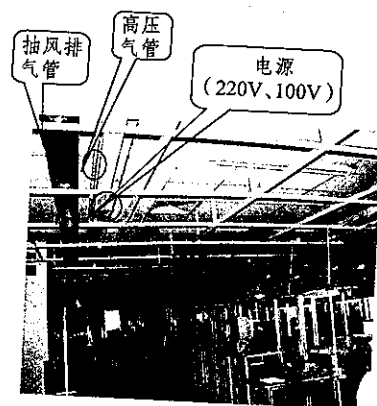


图 6.15 管线“飞龙在天”

在图 6.15 中，排风管、高压气管、电源全被固定在天花板上，需要时，只需要从天花板车上引一条下来即可，这就赋予了生产布局以极大的自由度。

## 二、画地为牢

常规企业常常会出现很多加锁的小房间，细问原因，一般会回答这

是出于安全的考虑，怕丢东西。锁头这个东西，防君子不防小人，真是有人惦记着想偷东西，锁头是防不住的。在生产现场把工具、原材料锁起来，恐怕只是起个心理安慰作用吧。把工具、原材料锁起来，当然不利于物流顺畅，而且一般来说，这种地方会成为管理的死角，脏、乱、差，容易失火不说，成了值夜班时的临时卧室也并非不可能。那么究竟怎样才能不用加锁也能管理好原材料、工具呢？真正的锁在每个人的心里。只要在生产现场画上线，就是一间很好的仓库。这个方法，美其名曰“画地为牢”。



图 6.16 画地为牢

如图 6.16 所示，仓库就在过道的一边。画上一条黄线代表这是属于仓库区域。过道另一边是防尘服放置区域。两个区域都没有加锁、不是单独的房间。

## 三、同甘共苦

办公区域同样需要开放。并且建议在办公区域和生产区域之间不要任何隔离。这是单元生产的要求，也是 Andon 系统的要求。管理者的基本职责就是随时监控生产现场的异常。



图 6.17 现场办公

在图 6.17 中,办公区域和作业区域基本是一个整体,把二者隔离开的,仅仅是一条通道。把办公区域设在现场,这是精益企业的一个特色。为什么把办公区域设在生产现场呢?这里面也有和作业员同甘共苦的意思。领导者和作业员同处一个环境,有助于现场改善。

在办公区域内,各个部门之间也应该是开放的。应当坚决反对一个部门一间办公室的做法。很多企业提出这样做的原因是要尊重个人隐私,但是,工作时间就是工作,个人隐私下班以后再谈不迟。

## 第五节 亲自动手,实施布局

在单元生产中,一个单元就是一个天然的团队。团队建设可以说从划分单元那一刻就开始了。各个单元将在统一指挥下,实现单元生产布局从图纸到现实的飞跃。

这期间的工作主要包括:

- 生产现场定位;
- 设备、生产线移动;
- 标准化。

## 一、生产现场定位

把图纸上的布局在生产现场实现,第一步就是要进行现场定位。



图 6.18 现场定位

如图 6.18 所示,生产现场是一个很大的区域,我们要把设计图上每台机器、每张操作台的所在位置在生产现场标示出来。单元生产线与传送带不同,传送带生产线往往采取直线型布局,实施起来不会出什么差错。但是单元生产线就不同了,单元生产线在外形上往往呈现花瓣形,而且花瓣与花瓣之间往往联系很紧密,因此在布局时,稍有差池可能布局就变形了。

定位时,首先要找到地标,地标可以是车间的某根柱子,也可以是某一面墙壁。然后围绕地标逐渐向四周扩展布局。设定地标时不可以用中间通道线,因为柱子和墙壁等等是不可移动的,一旦到最后碰壁了才发现错了,就要从头再来,而通道线等等还是有变通的可能性的。

## 二、移动设备、生产线

接下来是按照现场划定的定位线移动设备。设备、生产线移动的目标是以最快的速度完成,一般设定在 10 分钟,力求利用工间休息时间

完成,不耽误生产。

### 1. 设备、生产线移动有几个要点

① 首先是设计搬运车,设计良好的搬运车,可以起到减少取放物料、工具的时间的作用,搬运车分物料车和工具车,用来装载生产线移动用的小型物料和工具。

② 其次是制作责任表。

③ 第三是目视管理看板,把职责表用看板的方式公布出来,按时检查进度。

④ 第四是规范物料和工具的摆放,我们要做到三点:摆放整齐和标识清楚;用后放回原处;大家都清楚摆放位置。

### 2. 设备、生产线移动的程序

① 第一步:设备、生产线移动前的检查工作。负责人根据单元生产实施日程计划安排设置单元生产线。首先确认各种工具设备是否到位,如有需要,填写申请书,领取机器设备、工装夹具。然后确认标准操作书、作业质量标准是否到位。第三,确认水、电、气是否连接妥当。第四,检查生产用原材料是否到位。

② 第二步:设备、生产线移动当天早上,负责人通过早会把移动计划和注意事项告诉大家,明确各自的职责。

③ 第三步:设备、生产线移动前3小时准备。负责人确定具体开始移动的时间,然后负责人将时间通知物料部门、IE部门、设备部门、生产部门。

④ 第四步:设备、生产线移动前2小时准备。生产部门将单元生产线所需工装夹具装到工具车上,送到现场,并填写移动计划上的生产线移动完成情况。设备部门将单元生产线所需设备送到现场,并填写移动计划上的生产线移动完成情况。

⑤ 第五步:设备、生产线移动前90分钟准备。各部门进行检查,看看各项工作进度有否偏差。

⑥ 第六步:设备、生产线移动前30分钟准备。设备部门检测机

器;IE部门调试工装夹具;生产部门将标准操作书挂到相应位置上。

⑦ 第七步:开始移动。

注意事项:

- 各部门管理人员必须到场,协助指引工人进行移动。
- 对设备、生产线移动过程进行记录和总结。

## 三、作业台面布局

有一些工厂在实施单元生产的过程中发现,虽然在制品减少了,可是作业效率却降低了。传送带流水线上长期工作的结果,使得大家对于如何站立作业,甚至巡回作业不知所措,一时之间找不到应该改善什么才能够提高生产效率。事实上,站立作业或者巡回作业的生产效率,在很大程度上和作业台面上工具、材料的摆放有关。

以下是作业台面布局要点:

### 1. 空间与时间呈正比

作业台上的工时分配要合理,不可以出现某一处工时过长的现象。比如说,一个工作单元总的标准工时是100秒,总共有5张作业台,生产节拍是40秒。在这种情况下,最理想的状态是每张作业台上安排的工时是20秒。当然,绝对的平均化是不可能实现的,大致是20秒就可以了。但是,绝对不可以出现某张操作台的标准工时是41秒。因为这样的话,这张操作台上安排的标准工时比生产节拍还长,就算有一位作业员在这张操作台上一刻不停的努力,每产出一个还得需要41秒,结果这张操作台变成了整个单元的瓶颈。

### 2. 电子工具吊装

工作单元内常常会用到一些工具,这些工具一般用弹簧吊装在单元操作台的顶部支架上,这样的话,可以使取放工具的动作幅度最小,生产效率最高。

### 3. 材料盒尺寸适当

电子装配行业有很多很小的电子元器件，零件小了，很多工厂把放置元器件的盒子也做小了，这就对生产效率提升造成了困难，因为小盒子不容易拿取。因此，不管元器件本身有多小，放置元器件的盒子都不能小，要做大而浅的盒子，而且还要在盒子的底部垫一层绒布或者薄薄一层发泡材料，这样的话拿取就方便了。

### 4. 工具、材料固定放置

用双面胶把桌面布局固定住，帮助作业员迅速提高熟练程度，做到闭着眼睛都能找到自己下一道工序需要的材料，这是迅速提高作业员熟练程度的诀窍。

### 5. 简化传递动作

传统的流水线用传送带传递物品，单元生产则用手传递。如果距离远了怎么办呢？如图 6.19 所示，我们用简单的滑道传递物品。



图 6.19 滑道

### 6. 减少弯腰动作

对于大件的物料，常规工厂往往直接放在地面上，这是不符合效率

原则的。应该把它放在弹簧车上，使得物料与单元操作台面平齐，这样的话效率也会高一些。

总之，站立作业与巡回作业是一个新课题，需要所有致力于单元生产的人深入研究，逐步总结经验。

# 第七章

## 培养多能工,实现少人化

第一节 交叉培训,培养多能工

第二节 教育体系

第三节 薪酬制度

第四节 学习曲线

精益生产提高效率的目标之一是少人化,少人化就是用最少的人员满足顾客的生产需求。

为了降低人工成本,精益生产提倡少人化。常规企业更常使用提高效率这一说法。但是,怎么提高效率呢?很多工厂原先有很多作业员,后来由于提升了效率,不需要那么多了,所以要解雇作业员。而少人化的含义是,从一开始就用最少的人工作,从而避免以后出现解雇作业员的痛苦现象。

实现少人化,需要从四个方面进行改善:

- 交叉培训
- 教育体系
- 薪酬制度
- 学习曲线

### 第一节 交叉培训,培养多能工

#### 一、多能化是少人化的先决条件

在精益生产中,我们通过合并工序、互相协助等等技术来实现少人化。虽然精心设计的作业台、设备布局有助于这些技术的实施,但是仅仅依靠这些是不能实现少人化的,还必须考虑人的因素。从作业员的角度来看,少人化要求作业人员具有这样的能力:

- 灵活应对产量变化。
- 灵活应对作业内容变化,也就是要求作业员哪里需要哪里去,而不是死守自己的工作岗位。

因此,为了迅速对应这些变化,作业人员必须是多能工,必须抛弃

单一工序操作、定岗定员观念,也就是培养能够操作很多工序的多能工。  
精益企业通过交叉培训来培养多能工。

## 二、交叉培训步骤

所谓交叉培训,就是采用工作岗位轮换制,简称“轮岗”的方式来培养多能工。作业员从进入工厂开始就要轮流承担自己工作单元、甚至全部工作单元的工作。这样一来,经过一段时间的话,每个作业员都能自然而然熟悉每个作业内容,成为多能工。

交叉培训分为三个步骤。

① 第一步:班组长、单元负责人交叉培训。这个阶段要求班组长、单元负责人进行岗位轮换,直到所有人都熟练到教导作业员如何进行操作。

精益生产中,班组长、单元负责人,甚至 IE 人员为了把一般作业人员培养成多能工,必须以身作则,首先让自己成为多能工。这样的话,亲手设计的操作标准才会合理。为此,全体基层领导人员必须要在生产现场进行轮岗。例如,班长在各单元之间依次轮岗。如果工厂的工作单元比较多,那么可能需要较长的时间,因此这种级别的岗位轮换需要制定较长期的计划。

② 第二步:作业员交叉培训。让每位作业员在各道工序、各个单元之间轮岗,直到所有人对于任何操作都能得心应手。

对于这个层次的培训,必须制定培训计划,又因为这个层次的受训者往往是年轻人,因此有必要制定目视化的培训计划。

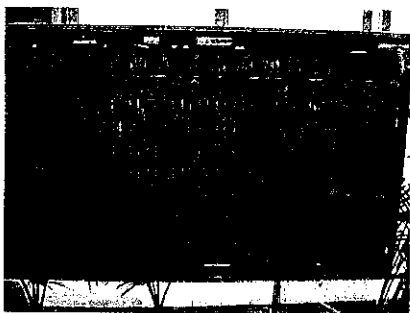


图 7.1 作业员多能化训练计划

在图 7.1 中,采用目视管理的方法展现培训计划,对现状进行分析,列出了掌握技能多少的素质矩阵。实践证明这是一种作业员喜闻乐见的表达方法。

在推行训练计划的时候,可以考虑采用下述的绩效指标来表达各工作单元的多能化率:

$$\text{单元多能化率} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{作业员 } i \text{ 掌握的工序数}}{\text{单元内工序数} \times n} \quad (n \text{ 为单元内作业员数目})$$

③ 第三步:岗位轮换标准化、日常化。这已经不是培训阶段了,现在是保持阶段。是每隔一段时间有计划地让每位作业员变更操作内容,从而不会忘记自己已经掌握的操作技能。

## 三、作业员对交叉培训的反应

### 1. “谁愿意自己的青春岁月在打螺丝当中结束呢?”

中国工厂的主力军是年轻人,他们离开家乡,除了挣几个血汗钱以外,或多或少都希望长长见识,学习一些本领。可是,在常规工厂里打工的人往往失望地发现,原来学不到什么东西,自己的青春岁月在打螺丝当中就结束了。

有一个工厂的作业员,要离开工厂回家结婚了。辞工之前提出了两个要求,一是看看自己工厂生产的复印机究竟是长什么样子的,二是想把自己的照片复印一下,看看效果如何。这个人来工厂工作了两年,天天就是给复印机的一个组件打螺丝,连复印机长什么样子都没见过!

我们中国人有句古话,叫做“艺不压身”,指的是人应该多掌握点技术。只让人家学打螺丝,难怪会很痛苦。因此,在实施多能化培训的过程里,作业员是非常配合,情绪是异常饱满的。

### 2. “我们早就开始这么做了!”

即便是在传送带流水线的时代,虽然没有一人多能的要求,作业员



自己都会去尝试多能化。有一条传送带生产线，作业员都是从技校里一起毕业的女孩子，这些女孩子们之间常常自己进行工位互换，问她们为什么，回答是“总在一个工序干同样的活儿，太枯燥了！”。我还多次看到过由于长时间从事同样的工作，有作业员会困倦到边生产边打盹儿！这可不能一味地责怪作业员，读者朋友自己有几个在枯燥的会议上不犯困呢？

所以当我们实施单元生产，搞轮岗的时候，有作业员很得意地说：“轮岗？我们早就开始这么做了！”

### 3. “我在公司青史留名啦！”

曾经有一家企业的老员工在辞工前对公司主管说：“给公司工作这些年，公司只是买到了我的劳动，没有买到我的技术。”事后果然发现，随着这位老员工的离去，公司在这一部分的技术力量变得薄弱了。

现在很多企业头疼员工流失率的问题。常规企业认为培养一个跑一个，因此，培养员工实在不合算，于是大家都想招到现成的熟练工。对于交叉培训的态度，不同人有不同的看法，赞成者认为是提高公司人员素质的必经之路，反对者则担心培养一个跑一个，钱就白花了。具有精益思想的企业则认为，正是因为流失率高，才要搞交叉培训，因为精益型企业在推行多能化培训过程中，整理老员工的技能和知识，在标准操作表中积累下来，这是留住员工技能的最佳方法。

交叉培训的各种各样的优点，概括起来就是做到了以人为本。

## 第二节 教育体系

2004年，广东很多工厂都出现了招工难现象。因为广东地区工厂的招工对象一般都是从全国各地涌入的民工，所以这一事件被称为“民工荒”。一般作业员尚且如此，对于优秀作业员，优秀班组长更是可遇不可求了。

优秀员工其实就在我们身边，只是我们没有好好发掘他们的潜力而

已。一些内地的管理者认为内地企业员工素质差，这种看法太过偏颇。如果真的表现为工作能力差，那也是因为领导者不会发掘造成的。深圳、苏州知名外企里面的作业员并没有与众不同之处，小学文化程度的作业员大有人在。但是，同样资质的人员经过一两年以后，常规企业和精益企业作业员的面貌就截然不同了。这其中一个原因就是精益企业重视培训，有一整套合理的培训流程，使得一般素质的人员能够很快成长起来。

常规企业也会搞教育培训，当新员工刚刚进厂的时候，都会进行培训，问题是培训时间有快慢之分，培训效果有高低之分。精益型企业效果会优于常规企业，这是因为精益型的企业会建立专门的培训机构来运作教育体系。

教育体系由两部分组成：

- 教材
- 教师

### 一、提炼学习要素

在电子组装行业，有所谓的组装三要素：焊接、打胶水、打螺丝。掌握了这三种作业技能，可以说就掌握了组装作业的技术。掌握三要素是作业员可以上岗的最低标准，掌握了三要素，就可以基本保证质量了。因此，在电子组装型的精益企业里，教育是围绕三要素展开的，教材是围绕三要素编写的，这样，能达到事半功倍的效果。

组装三要素，是电子行业经过多年实践后总结出来的。其他行业需要时间提炼属于自己的学习要素。

### 二、教学的重点在生产现场

介绍一家公司的教育经验。这家公司对员工多能化培训非常重视，从职员中招聘兼职教师，并付出每小时50元的讲课报酬。这笔报酬并不低，然而真正算起来，赚这50元并不是真的只需要1小时。这是因为，公司同时规定，即使是教学已经结束了，已经在生产现场从事生产

的作业员发生任何可能和老师教学有关的问题,都可以寻求老师的帮助。因此,老师对学生的帮助不止是在课堂上,更是在生产现场。为了求得对于现场问题有求必应的效果,公司建立了两支教师队伍,一支是一线讲学组,每小时 50 元的报酬,另一支是后备组,随时准备替换一线讲学组。如果一线讲师的效果不好,这其中包含了无法快速回应现场的要求,则会逐渐失去作为一线教师的资格。其中的评判权掌握在现场手里。

参观精益型的企业常常会惊异于管理人员、技术人员对问题的反应速度,似乎精益企业已经建成了一种神奇的企业文化,大家都有了昂扬的斗志。事实上,任何企业文化的建立都离不开具体政策、制度的支撑。每个企业都很容易形成自己独特的企业文化,然而,优秀的企业文化却不是轻易形成的,需要进行精心的设计。

### 第三节 薪酬制度

计件制与计时制最大的区别在于:

- 计件制:工厂向作业员发工资是在购买产品。
- 计时制:工厂向作业员发工资是在购买时间。

改革开放初期,计件工资制作为先进的管理方法开始在国内大量应用。但是,单纯的计件制是一百年前的产物,早已经被绝大多数先进企业所摒弃。计件制带来的问题要远比它解决的问题更多、更糟糕。

#### 一、计件制造成企业管理者忽视效率提升

精益企业里有一个部门叫做 IE 部,该部门的具体工作之一是提高现场员工的工作效率。在日本和美国精益企业中,生产效率的逐年提高被视为理所当然的目标。这一目标一般是年效率提高 7% 左右,由 IE 部门负责推进。也就是说,工厂认为生产效率的提高主要靠公司的技术支持,而不仅仅是员工自己的主观努力。

有很多实行计件工资制的企业,认为生产效率的提高是员工自己的事。常规企业过于依赖对员工的精神激励,认为只要实施计件制,员工为了多赚钱,自然会自己想办法提高生产效率。而精益企业则既重视精神激励,又重视科学方法。IE 就是专门研究如何提高生产效率的方法和科学。

精益企业重视现场生产效率提升,因为企业向员工购买的不是产品,而是时间。因此,如何有效地利用工作时间是管理者不得不重视的课题。而在计件制企业里,管理者错误地认为,干多干少是作业员自己的事,因此不重视生产效率的提升。部分企业更是把本公司的生产效率看成一个定值,市场情况看好则扩大规模,市场萎缩则解雇作业员,造成公司内部动荡不安。所有这些乱象在于生产效率太低,作业员没有实现多能化。而生产效率低、不重视员工多能化培训,计件工资制是脱不了干系的。

#### 二、忙碌,却没有效率

计件制工资的出发点是希望发挥员工自己的积极性,这样每个人都会尽自己的最大努力工作,于是生产现场的整体效率自然也就提高了。这个假设在很多情况下根本就不成立,事实上,如果人人都努力工作的话,工厂会非常没有效率。

各道生产工序之间的生产能力是不平衡的,如果人人都尽最大努力生产的话,生产现场必然充满了在制品,到处都是过量生产的浪费。提高效率只有同降低成本、缩短生产周期结合起来才有意义。如果只是一味地追求个别效率,就失去了效率本身的意义。

计件制无形之中助长了过量生产,各部门各自为战,没有全局的眼光,对于生产现场来说,这是一个危险的信号,这种文化一旦形成,再想变革就难了。

#### 三、合理的薪酬激励制度

设计良好的薪酬激励制度应该具有以下特点:

- 鼓励员工掌握更多工作技能;
- 鼓励提升公司整体效率, 而不是作业员个体效率;
- 鼓励领导层关注效率提升。

在精益企业里面, 一般会采用计时制与工时定额相结合的薪酬制度。公司规定每天工作 8 小时, 同时规定, 这 8 个小时必须完成一定数额, 不允许少于这一定额, 但是, 也绝不允许超过这一定额。工厂里生产什么, 生产多少, 是收到客户订单后, 由计划部门制定的计划决定的, 如果计划生产 800 个, 那么就生产 800 个, 不能因为生产能力超过了 800 个就自作主张生产 900 个。因为生产多少都能销售出去的年代已经过去了。

## 第四节 学习曲线

日本丰田公司从一九六六年底开始生产“花冠”牌汽车。“花冠”牌汽车很受欢迎, 销售情况相当好。开始大野耐一计划生产五千辆左右, 他曾指示负责造引擎的课长说: “你要用不到一百人造出五千辆车来。”两三个月以后, 他向大野耐一汇报说: “用八十个人就能造出五千辆。”可是, 从那以后, “花冠”牌汽车的销售情况一直很好, 因此大野耐一问: “造一万辆需要多少人?”他马上回答说: “一百六十个人就可以造一万辆。”大野一听就把他训斥了一顿: “二乘八等于十六这种简单的计算在小学就会了, 没想到我这么大还用你教我, 别瞧不起人了!”后来是按一百人造一万多辆汽车的比例来生产“花冠”牌汽车的, 也就是造五千辆只需要 50 个人。

在制造业中, 随着同一产品加工次数的增加, 单位产品的加工工时必然呈现下降趋势, 而且这种趋势呈现一定规律性。战时, 美国为了赶制飞机满足战争需要, 迫切要求缩短工时。美国康奈尔大学副校长 T.P. Wright 博士经过对产量和工时的研究, 提出了学习曲线。他指出: 同一产品随着生产重复次数的增加, 其单位产品生产工时必然呈下降趋势, 这种趋势是有规律的。

## 一、学习曲线数学模型的由来

表 7.1

学习曲线的离散式数学模型

飞机生产序号	单台消耗的工时	学习比率
No. 1	100000 小时	1
No. 2	80000 小时	$1 \times 0.8$
No. 4	64000 小时	$1 \times 0.8 \times 0.8$
No. 8	51200 小时	$1 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.8$

二战期间, 美国航空业对飞机制造产量与工时进行研究后发现了学习曲线的规律。在表 7.1 中我们看到, 第一架飞机消耗 100000 小时, 生产第二架的工时则为 80000 小时, 当产量翻番为第四架时, 生产工时则降至 64000 小时。我们发现单架工时以  $1 - 80\% = 20\%$  的速率递减, 这显然符合指数模型。

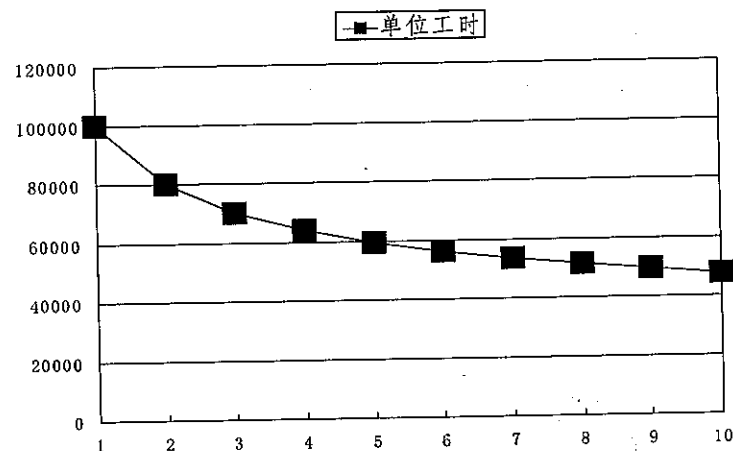


图 7.2 80% 学习曲线

图 7.2 所示为一条 80% 学习曲线, 所谓学习曲线, 就是用来表示单台 (件) 产品生产工时和累积产量之间函数关系的曲线。通常以横坐标

通常用百分比的学习率表示任一已知的学习曲线。表 7.1 为线单台工时、飞机生产次数的资料，图 7.2 则用曲线图的各种数字关系。

线的原理建立在如下三个假设之上：

某个产品所需要的时间，随着重复次数增加而逐渐减少。  
 某个产品所需要的时间，按照一个确定的递减比率减少。  
 递减比率是可求的，加工时间遵循一个特定的数学模型。

## 学习曲线的对数分析

1. 单台产品人工工时和累积产量的关系用函数关系表示为：  
 (c)<sup>2</sup>

x 台次的工时  
 一台的工时  
 c 产品的学习率（例中，c 为 80%）  
 产次数  
 更常用另一种表达法：

$$m = \frac{\lg c}{\lg 2}$$

x 台次的工时  
 一台的工时  
 c 产品的学习率  
 这个公式，我们就可以求出生产第任意个产品的工时了。此学习曲线函数公式，式中 m 为学习系数。由于 m=lgc/lg2，学习率是一个定值，则学习系数是一个定值，转换关系如表

53%	-0.916	68%	-0.556	83%	-0.269
55%	-0.862	70%	-0.514	85%	-0.234
58%	-0.786	73%	-0.454	90%	-0.152
60%	-0.737	75%	-0.415	95%	-0.074
63%	-0.667	78%	-0.358	100%	0.000

利用学习曲线函数公式，在已知第一台产品工时和产品学习率的情况下，可以推算出任意某台产品的直接人工工时。例如，已知第 1 台工时为 100000，学习率为 80%，欲知生产到第 64 台产品时的直接人工工时，代入函数公式可得：

$$y_{64} = 100000 \times 0.8^{322} = 26214$$

## 三、影响学习曲线的因素

应用学习曲线，确定学习率是至关重要的。学习率大（接近 100%），说明随着累积产量增加，工时下降缓慢；学习率低，则说明随着累积产量增加，工时下降迅速，或者说熟练程度提高较快。那么，影响学习率的因素是什么？

制造业中影响学习曲线的因素：

- 操作者的动作熟练程度提高；
- 正确的培训指导、充分的生产准备、正确的奖惩制度；
- 工作方法和工作流程的改进；
- 生产设备与工具的改善；
- 废品和返修等重复工作的减少。

让我们就熟练程度，从正角度来分析一下为什么会影响学习率：

- 初学者动作衔接存在明显的阻碍和不连贯，经过练习，这种阻碍会消失，许多动作可以免去。

• 初学者左右手依次序操作,有经验的工人两手同时操作或者将动作次序重新排列,缩短时间。

因此,如果分配的工时少,则生产重复程度就高,那么工人技术熟练程度容易提高,学习率就小。如果分配的工时多,则生产重复程度就低,那么工人技术熟练程度不容易提高,学习率就大。

此外,学习率的大小,受企业管理因素的影响,随着企业管理的改善,对新产品的生产很快熟悉起来,必将反映到产品工时消耗的降低。因此,改善因素是影响学习率的一个重要方面。

学习率的估算可以采取多种方法。如果系统尚未开工生产,或者生产后才注意积累原始资料,则可以利用统计学中的回归分析求解学习系数  $m$ 。因为用对数方法可将函数方程  $y=ax^m$  转换为直线方程,从而利用原始数据求出  $a$  及  $m$  的估算值。如同其他统计方法一样,估算值的准确性取决于搜集数据的多少及数据的正确性。

## 四、学习曲线在精益生产中的应用

### 1. 学习曲线在单元生产中的应用

在实施单元生产时,我们强调了合并工序的重要性,鼓励给每位作业员分配较多的工作内容。比如,以前组装一个遥控器,把整个组装工序分成了三段,由三位作业员分别负责。如果实施单元生产,则有可能采取每个人配置一条独立的生产线,各自组装遥控器的方式,也就是把原来的三段工序合并在一起,由一个人全部完成。这样的话,彼此之间不受制约,生产线平衡率达到了 100%。但是,合并的工序太多也不行。比如组装一台数码相机,所有工序标准工时加起来有四十多分钟,如果给作业员一个人配置一条生产线的话,作业员每天工作重复次数少,可能需要大约 20 天才能熟练掌握组装技术,结果生产效率降低。因此这就出现了矛盾,工序分配太少,则生产线平衡率低;工序分配太多,则熟练程度难以提高。于是就出现了合理设置作业员工作工序的课题,解决这一课题的工具,就是学习曲线。

每个工厂和每个工厂的情况都不一样,以数码相机、复印机等组装来看,这种企业员工的学习率是 98%。假设把每位作业员分担的工时控制在 3 分钟,一般来讲,在最初的熟悉阶段,作业员需要 3.6 分钟才能完成。那么,多长时间后作业员才可以达到 3 分钟的标准效率呢?

根据公式:  $y = ax^m$

可以推导出:  $x = \sqrt[m]{\frac{y}{a}} = 800$

因此,需要生产 800 台后才可以达到 3 分钟一台的标准效率。

生产 800 台需要的时间:

$$y = \int_1^{800} 3.6x^{-0.00821} dx$$

$$y = 5.7$$

生产 800 台需要大约 5.7 天的时间。也就是说,5.7 天后作业员可以达到 3 分钟的标准效率。如果把每位作业员分担的工时控制在 6 分钟,那么必须要大概十天才能重复 800 次,才能达到平均水平的生产效率。因此,我们可以根据工厂的学习效率、目标工时、允许的熟练时间来综合考虑作业员的工序分配。

### 2. 学习曲线在精益生产其他领域的应用

学习曲线的应用范围很广,可以用于预测产品工时;可以作为新产品报价的依据;也可以用作考核生产工人技术熟练程度提高的依据。这里举例说明在预测工时中的应用。

例如,某企业已生产 A 产品 100 台,第 100 台的工时为 100 小时,同时,已知学习率为 80%。今年计划再生产 200 台,试预测这 200 台产品的平均工时为多少?

从表 7.2 中查得 80% 学习率的学习系数  $m$  是 -0.322,因此得到第一台产品工时为:

$$a = \frac{100}{100^{-0.322}} = 440.55$$

$$y_{\text{平均}} = \frac{1}{200} \int_{100}^{300} ax^m dx$$

$$y_{\text{平均}} = \frac{1}{200} \int_{100}^{300} 440.55x^{-0.322} dx$$

$$= 81.57$$

因此，这 200 台产品的平均工时为 81.57 小时，比第 1 台的工时减少了 18.43 小时。

## 第八章

### 单元生产运作方法要点

- 第一节 单元生产在运作中遇到的问题
- 第二节 装配型单元生产的平衡率改善
- 第三节 机加型单元的同步化生产

单元生产的运作，不是简单的一人完结、一个流这么简单。作为一门发展中的科学技术，单元生产在实际运作中总会遇到一些问题和困扰。有些是属于思想意识层面的，有一些是属于技术层面的。解决这些课题，是运行单元生产成功的关键。

## 第一节 单元生产在运作中遇到的问题

单元生产的运作主要存在两个问题：

- 单元生产线仍然不够平衡，怎么办？
- 单元生产降低了设备的利用率，怎么办？

装配型单元生产线在实际运行的时候，很多人发现了这样的问题：单元生产特别重视生产能力的平衡，但是，单元与单元之间同样存在不平衡，两个单元之间堆满了在制品，这如何解决呢？另外，在同一单元内部，如果采用的是逐兔式或者分割式作业，仍然会存在不平衡，尤其是逐兔式，很快大家就被最慢的作业员挡住了，怎么办呢？

对于机加工型单元生产线，有人在运行单元生产线之后被统计数据给吓坏了，看到机器设备的利用率明显下降，让很多人心里不踏实。这更多的是一个观念转变的问题，需要对设备利用率这一评价指标从精益角度进行再思考，需要设计出适合机加型单元生产线的绩效指标。

## 第二节 装配型单元生产的平衡率改善

单元生产线的平衡率，能够达到 92% 以上，而常规的传送带流水

线平衡率只能达到 80%~90%，机加车间的平衡率就更低了。但是，如何能把单元生产线的平衡率再进一步的提高呢？

在两种情况下，单元生产线无法达到 100% 的平衡率：

- 单元内不平衡，作业员在“逐兔”作业时互相影响；
- 两个单元之间不平衡。

我们要逐一解决。

### 一、逐出兔中之龟，采用超车式运行方法

工作单元内，作业员在进行你追我赶的逐兔作业时，会发生类似于高速公路上堵车一样的现象。

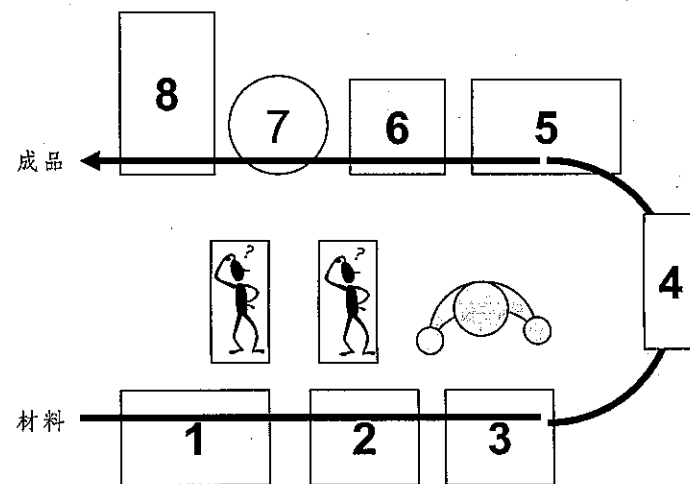


图 8.1 单元生产的“堵车”现象

在一个单元内，总会有作业速度快的人和作业速度慢的人。每个人作业速度不一样，又按照相同的操作路线巡回，迟早会有作业速度慢的人挡住作业速度快的人。图 8.1 中，在 3 号工序上，作业速度最慢的作业员终于被作业速度快的人追上了，结果后面的两位作业员只能等待，速度最慢的作业员变成了瓶颈，事情又和传送带流水线一样糟了！

怎样才能消除堵车呢?要根据原因提出解决办法。

### 1. 原因 1: 每个人速度不一致

根据大量速度观测的结果,以需要 100 秒钟的工作为例,需要不到 90 秒钟就能完成的作业员占总人数的 15%,需要 90~110 秒钟完成的占 70%,需要 110 秒钟以上的占到 15%。这样的话,整个单元作业内的人员速度不可能完全在同一水平线上,速度不一,又行走同一车道内,堵车也就自然而然会出现了。

对策: 逐出“兔中之龟”

要根据能力对作业员进行分组:手脚麻利的和手脚麻利的一组,可以叫“精英组”;手脚笨拙的和手脚笨拙的一组,可以叫“学习组”。这就好像滑冰比赛,每个国家的一流选手之间其实差别不大,滑来滑去也落不下多少。但是如果一流选手和业余选手同场竞技的话,业余选手都会被超过。

### 2. 原因 2: 所有作业员的运行路线只有一条

所有作业员的运行路线只有一条行车道,因此无法超车,在这种情况下,大家都跟在最慢的员工后面,在每人速度差别大时,比如最慢的人只能达到 85%,则全体速度也只能达成 85%左右。

对策: 设立超车工作站

设立超车工作站,使得速度慢的或因辅助工作而耽误的人会自然而然地在此工作站被后面更快的人超越过去。

在此工作站,快的员工越过此工作站,将自身携带的待加工产品交给慢的人,而直接去超车工作站后面取走一台完成品,然后继续前行。

慢的人因此除了要加工自身的一台外,还要在此工作站加工,直到快的人留下的那一件产品也被加工完毕。如再次被追上,则又要多加工一台,如未被追上,则全部完成此工作站后取走其中一台,然后继续前行。

## 二、“机动作业员”运行规则

工作单元与工作单元之间同样会存在不平衡。单元间的平衡问题或

许更加引人注目一些,在分配单元作业人数的时候,很多人就发现了单元间的平衡问题。例如,我们设计了两条单元生产线,这两条生产线在加工工艺上是前后相连的。这两条单元生产线的生产节拍是 30 秒,第一条单元线的标准工时是 110 秒,第二条生产线的标准工时是 160 秒。于是,根据工时计算可得:

第一条单元生产线的人数:

$$\text{Total Cycle Time} = 110 \text{ 秒}$$

$$\text{Takt Time} = 30 \text{ 秒}$$

$$\text{作业员人数} = \text{Total Cycle Time} \div \text{Takt Time}$$

$$= 110 \div 30$$

$$= 3.67$$

第二条单元生产线的人数:

$$\text{Total Cycle Time} = 160 \text{ 秒}$$

$$\text{Takt Time} = 30 \text{ 秒}$$

$$\text{作业员人数} = \text{Total Cycle Time} \div \text{Takt Time}$$

$$= 160 \div 30$$

$$= 5.33$$

人是一个整体,不存在 0.67 个人,因此,不得不给第一条单元生产线分配 4 个作业员,第二条单元生产线分配 6 位作业员,总共需要 10 位作业员。这就是在单元生产中的所谓“小数问题”。

如果能够把两条单元生产线作为一个整体来计算,情况会好很多。

$$\text{Total Cycle Time} = 110 \text{ 秒} + 160 \text{ 秒} = 270 \text{ 秒}$$

$$\text{Takt Time} = 30 \text{ 秒}$$

$$\text{作业员人数} = \text{Total Cycle Time} \div \text{Takt Time}$$

$$= 270 \div 30$$

$$= 9$$

这样的话,就恰恰是 9 个人了。我们可以采取单元间互相协助的方法来实现这一意图。第一个单元分配 3 个人,第二个单元分配 5 个人,中间设一个机动人员,我们称之为“机动作业员”。与第一次分配相比较,少用一个人。



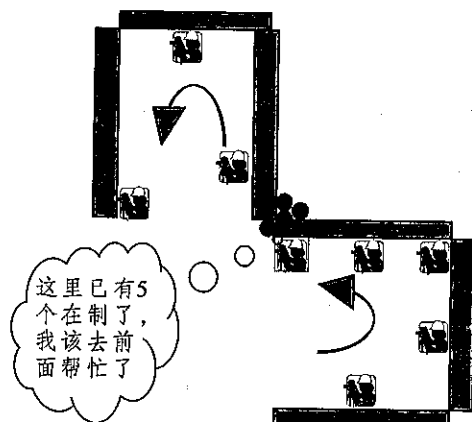


图 8.2 单元间互相协助

在图 8.2 中, 我们采取单元间互相协助的方法来实现单元间的平衡, 以消除小数问题。

在实际运行中, 机动作业员到底帮助哪个单元生产呢? 是一单元还是二单元? 帮助任何一方, 另一方都会变成瓶颈。因此, 机动作业员应该在一单元与二单元之间不断切换。切换的信号, 可以采取简单的观察物料堆积的方式。

从加工工艺角度来看, 产品首先要经过第一个单元加工, 然后是第二个单元。如果机动作业员在第一个单元工作, 那么由于第一个单元的生产能力大于第二个单元, 因此逐渐就会在第一个单元与第二个单元之间堆积在制品。这时, 机动作业员就要到第二个单元进行加工作业了。此时, 由于第一个单元的生产能力小于第二个单元, 因此原本堆积的在制品就逐渐减少。这时, 机动作业员又要到第一个单元进行加工作业了。

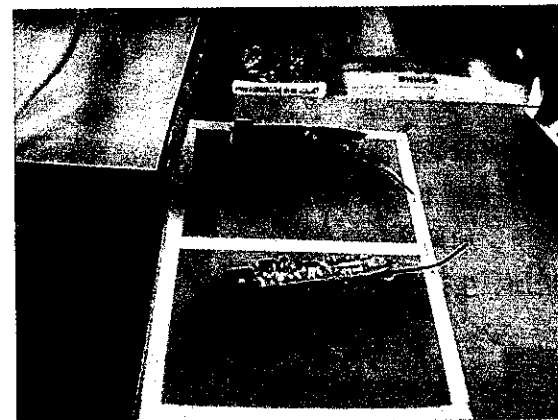


图 8.3 单元间切换的信号

在图 8.3 中, 我们给两个单元之间的在制品数量加以上限, 比如 2 个。当机动作业员看到在制品数量增加到 2 个的时候就知道应该到第二个单元进行生产了。当在制品数量消耗光了, 机动作业员就知道应该到第一个单元进行加工了。我们在两个单元之间设置在制品以向机动作业员发出生产指令。这并不是说我们故意“增加”在制品, 因为只要两个单元之间存在生产能力的不平衡, 就一定会有在制品存在, 我们只是对必然会存在的在制品增加了一个上限而已。

### 第三节 机加型单元的同步化生产

单元生产会降低设备的利用率, 这是必然的。对此不必担心, 因为设备利用率的降低并非都是坏事。事实上, 如果机器设备始终非常忙碌的话, 那么这个工厂是非常没有效率的!

## 一、设备利用率不一定要高

单元生产非常重视生产能力的平衡。但是，没有哪家常规工厂的生产能力是平衡的，必然有的机器设备生产能力高，有些设备生产能力低。在这种情况下，如果每台设备都开足马力的话，必然是到处堆满了制品，库存增加、生产周期迅速增长。

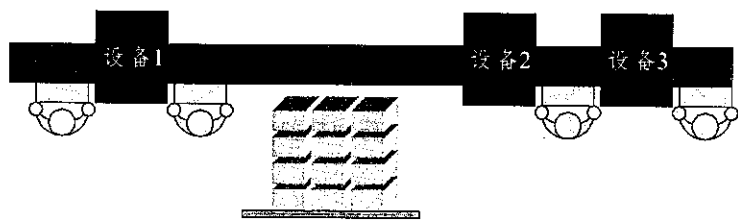


图 8.4

例：如图 8.4 所示

- (1) 市场需求 80 件/天
- (2) 设备 2 与 3 生产能力是 80 件/天
- (3) 设备 1 满负荷运转能力 100 件/天

在这种情况下，设备 2 与设备 3 全力以赴生产的话，正好满足市场需求，但是，设备 1 也全力以赴进行生产的话就不对了，因为不管设备 1 多么努力的生产都不会增加一个成品产出的，尽管设备 1 每天能生产 100 个，最后的成品还是 80 个。这样子满负荷生产的话，只是增加在制品，造成了库存的浪费而已。

以上例题是常规企业常常见到的景象。造成这种浪费的最主要原因片面追求设备利用率。

所谓设备利用率，是指机器设备的产能利用率。例如图 8.4 中机器 1 的生产能力是每天 100 个，如果一天只生产 80 个的话，那么利用率是只有 80%。而常规企业认为设备利用率越高越好，最好达到 100%。

担的机器设备折旧就越少，从而单位成本就越低。如果产出的是顾客需要的成品的话，这种想法没错，问题是，生产出来的不是成品而是在制品，在制品产量大与销售额大没有直接关系，因此，设备利用率并非越高越好。在供不应求的情况下，瓶颈设备的利用率越高越好，因为瓶颈的产出等于整个工厂的产出，等于销售额的增加。

## 二、可动率一定要高

设备利用率不是一个理想的绩效指标，但是我们还是需要绩效指标作为大家努力的方向，这个指标就是可动率。

可动率就是当设备需要使用时，它可以使用的比率。在数值上，可动率是设备按照实际需求进行生产，在生产中不会停机、不会出不合格品的几率。

$$\begin{aligned}\text{可动率} &= \text{为客户创造价值的时间} \div \text{实际运行时间} \\ &= (\text{客户需求} \div \text{生产能力}) \div \text{实际运行时间}\end{aligned}$$

例如，机器 A

- 客户需求是每天 60 个
- 机器产能是每小时 15 个
- 实际开动了 5 个小时

求解：该机器的可动率是多少？

$$\begin{aligned}\text{可动率} &= (\text{客户需求} \div \text{生产能力}) \div \text{实际运行时间} \\ &= (60 \div 15) / 5 \\ &= 80\%\end{aligned}$$

可动率没有达到 100%，说明可能出现了下列情况：

- 设备故障
- 设备调整
- 机型切换

设备的可动率要达到 100%，就必须建立起良好的维护保养制度，也就是全员生产保全活动。如果把可动率这一公式加以展开的话，就是

设备综合效率。

### 三、设备综合效率

比可动率更加详细的绩效指标是设备综合效率，设备的综合效率体现了设备创造附加价值的能力。

$$\begin{aligned}\text{设备综合效率} &= \text{为客户创造价值的时间} \div \text{实际运行时间} \\ &= \text{时间运行率} \times \text{性能运行率} \times \text{合格率}\end{aligned}$$

$$\text{性能运行率} = \frac{\text{理论生产周期} \times \text{加工数量}}{\text{实际运行时间}} \times 100\%$$

性能运行率反映了设备速度低下、短暂停机所造成的性能上的损失。

$$\text{Total Cycle Time} = 160 \text{ 秒}$$

$$\text{Takt Time} = 30 \text{ 秒}$$

$$\begin{aligned}\text{作业员人数} &= \text{Total Cycle Time} \div \text{Takt Time} \\ &= 160 \div 30 \\ &= 5.33\end{aligned}$$

$$\text{合格率} = \frac{\text{加工数量} - \text{不合格品数量}}{\text{加工数量}} \times 100\%$$

合格率反映了生产出不合格品所造成的损失。

$$\text{时间运行率} = (\text{运行时间} - \text{停止时间}) \times 100\%$$

时间运行率反映了故障、换模、品质问题等各种停止所造成的损失。

### 四、机加型单元线的同步化生产

机器设备和人不一样，在装配型单元内，可以通过人员的调配实现生产能力的平衡，机器设备是没有办法调节平衡的。因此，我们能够调节的就是物流平衡，即所有工序按照相同的生产节拍进行生产，而不考虑某一台设备的利用率有多低。所有工序按照相同的生产节拍进行生产，我们称之为生产同步化。

为什么要进行同步化生产？为什么甘愿降低设备的利用率？如何实

现同步生产？首先让我们理解一下生产的本质。

#### 1. 生产的本质

所谓生产，对企业而言，就是企业为了赚钱而将输入转换为输出，并赚钱的过程。一种最简单的作业形式可以用图 8.5 的生产流程图来表示。

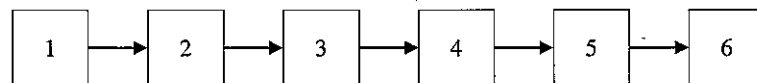


图 8.5 生产流程图

工厂内的活动说明如图 8.5 所示，通过系统制造出市场需要的产品，最终达成系统赚钱的目标。我们将此系统的例子加以简化，假设该系统只生产一种产品，称之为 A 产品，市场一个小时的需求是 10 件 A 产品，并且假设该系统的生产能力是一小时可以生产 12 件 A 产品，则该系统的瓶颈就是市场需求。精益思想认为应该以系统的瓶颈——市场的需求节拍，作为该系统运作的基础。如果该单元生产线以一个小时 12 件的生产速度进行生产，将会发生什么情况呢？因为市场需求只有 10 件，因此每 1 小时将会产生 2 件成品的库存累积，最后堆积如山的库存成品不是引发削价竞争就是过期报废。

#### 2. 产能过剩情况下的同步生产

针对这种情况，以色列人高德拉特博士提出了同步生产的概念，并且进一步阐释了具体的系统解决办法，该解决办法称为：Drum—Buffer—Rope，就是将系统的瓶颈当作 Drum——鼓，当瓶颈的鼓敲响一次，整个生产线就随其鼓声前进一步。

以上述情况为例，其鼓声即为每小时 10 件产品的市场需求，也就是生产节拍设为 6 分钟，要求整条生产线按照 6 分钟一个的节奏进行生产。

Buffer 就是以适当的材料置于单元生产线瓶颈的前方，使瓶颈与系

设备综合效率。

### 三、设备综合效率

比可动率更加详细的绩效指标是设备综合效率，设备的综合效率体现了设备创造附加价值的能力。

$$\begin{aligned}\text{设备综合效率} &= \text{为客户创造价值的时间} \div \text{实际运行时间} \\ &= \text{时间运行率} \times \text{性能运行率} \times \text{合格率}\end{aligned}$$

$$\text{性能运行率} = \frac{\text{理论生产周期} \times \text{加工数量}}{\text{实际运行时间}} \times 100\%$$

性能运行率反映了设备速度低下、短暂停机所造成的性能上的损失。

$$\text{Total Cycle Time} = 160 \text{ 秒}$$

$$\text{Takt Time} = 30 \text{ 秒}$$

$$\begin{aligned}\text{作业员人数} &= \text{Total Cycle Time} \div \text{Takt Time} \\ &= 160 \div 30 \\ &= 5.33\end{aligned}$$

$$\text{合格率} = \frac{\text{加工数量} - \text{不合格品数量}}{\text{加工数量}} \times 100\%$$

合格率反映了生产出不合格品所造成的损失。

$$\text{时间运行率} = (\text{运行时间} - \text{停止时间}) \times 100\%$$

时间运行率反映了故障、换模、品质问题等各种停止所造成的损失。

### 四、机加型单元线的同步化生产

机器设备和人不一样，在装配型单元内，可以通过人员的调配实现生产能力的平衡，机器设备是没有办法调节平衡的。因此，我们能够调节的就是物流平衡，即所有工序按照相同的生产节拍进行生产，而不考虑某一台设备的利用率有多低。所有工序按照相同的生产节拍进行生产，我们称之为生产同步化。

为什么要进行同步化生产？为什么甘愿降低设备的利用率？如何实

现同步生产？首先让我们理解一下生产的本质。

#### 1. 生产的本质

所谓生产，对企业而言，就是企业为了赚钱而将输入转换为输出，并赚钱的过程。一种最简单的作业形式可以用图 8.5 的生产流程图来表示。

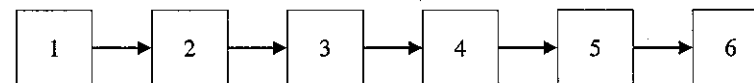


图 8.5 生产流程图

工厂内的活动说明如图 8.5 所示，通过系统制造出市场需要的产品，最终达成系统赚钱的目标。我们将此系统的例子加以简化，假设该系统只生产一种产品，称之为 A 产品，市场一个小时的需求是 10 件 A 产品，并且假设该系统的生产能力是一小时可以生产 12 件 A 产品，则该系统的瓶颈就是市场需求。精益思想认为应该以系统的瓶颈——市场的需求节拍，作为该系统运作的基础。如果该单元生产线以一个小时 12 件的生产速度进行生产，将会发生什么情况呢？因为市场需求只有 10 件，因此每 1 小时将会产生 2 件成品的库存累积，最后堆积如山的库存成品不是引发削价竞争就是过期报废。

#### 2. 产能过剩情况下的同步生产

针对这种情况，以色列人高德拉特博士提出了同步生产的概念，并且进一步阐释了具体的系统解决办法，该解决办法称为：Drum—Buffer—Rope，就是将系统的瓶颈当作 Drum——鼓，当瓶颈的鼓敲响一次，整个生产线就随其鼓声前进一步。

以上述情况为例，其鼓声即为每小时 10 件产品的市场需求，也就是生产节拍设为 6 分钟，要求整条生产线按照 6 分钟一个的节奏进行生产。

Buffer 就是以适当的材料置于单元生产线瓶颈的前方，使瓶颈与系

统之间有所隔离,让瓶颈得以平稳地运作。也就是说,如果市场需求是每小时10件,那么只要平均在6分钟内完成一件产品即可满足需求。然而零件的制作时间总是略有差异,前一件可能5分钟完成,后一件有可能需要10分钟,然而市场的需求是不会等待的,所以如果保持适当数量的成品库存,即可随时对应市场的需求。这个成品库存就是其销售缓冲(Buffer),它适当的将市场这个瓶颈与生产线之间作了隔离,不让瓶颈直接影响生产线之运作,反而利用了瓶颈作为生产线运作启动的基点,简化了管理的程序。

Rope 是一个介于系统瓶颈与发料点之间的运作机制,在此例中,每当市场卖出一件产品时,此 Rope 即牵动发料点释放一件材料给单元生产线生产,确保销售缓冲的成品库存保持在一定的数量之内,使其确实的起到保护市场消费的作用。

这种 Drum—Buffer—Rope 的运作模式可以用图 8.6 加以说明。

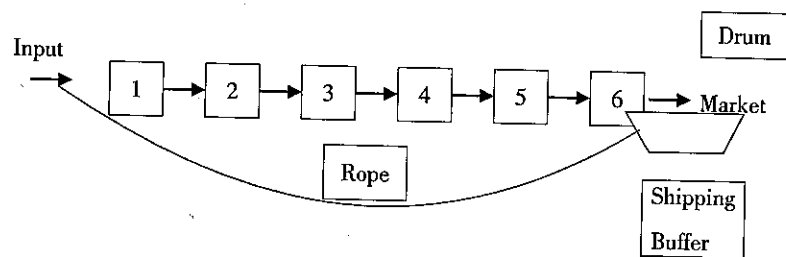


图 8.6 Drum—Buffer—Rope 瓶颈是市场的运作模式

在上述的例子中,管理者应该将管理焦点放在市场营销和销售业务方面的改善,如果只是努力地让生产设备的利用率提升,生产更多的产品,那就只能是徒劳地浪费资源和精力,而不会有实际的效果。

### 3. 产能不足情况下的同步生产

当营销的努力显现效果时,市场需求变成每一小时需求14件,但生产线仍只能做出12件,则其情况可以用图 8.7 加以说明,

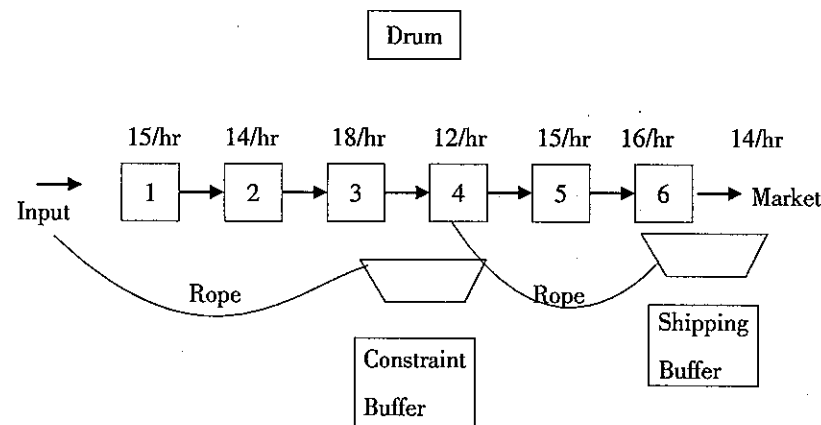


图 8.7 Drum—Buffer—Rope 瓶颈是机器的运作模式

由于单元生产线的每个工作站所能生产的零件数量并不相同,其中第四站每小时只能产出12件,所以整个生产线就受限于该产出速度最慢的工作站,每小时只能生产12件成品。在图 8.7 中,Drum 及 Buffer 移到编号4的机器设备,此时系统是以每小时12件的下料速度进行生产(前面的第1、2、3工作站需配合单元生产线的瓶颈设备),此时有一条 Rope 连接瓶颈设备(鼓)到下料点,也就是按照瓶颈设备的生产节拍牵动发料点的材料进入生产系统中,同时又有另一条 Rope 连接到销售缓冲和瓶颈机器之间,当市场销售出产品后,以该 Rope 拉动生产线中的产品适时进入销售缓冲,随时保持机动以保证满足市场需求的库存数量。在瓶颈机器前设置一个缓冲的目的,是为了避免供应材料影响系统瓶颈的正常作业,让工作单元的瓶颈设备能随时保持全负荷的生产状态。在瓶颈设备前面的第1、2、3工作站中随时可能发生意外状况,例如当机、质量不合格、作业员突然离开现场去洗手间等等,都有可能造成供应材料中断的后果,所以,第1、2、3工作站必须有额外的产能,我们称之为保护产能,当意外情况发生时可以确保材料依旧顺利地进入限制因子的缓冲库存中。因此所有的工作站都必须保持比系统限制因子更大的生产能力,当意外情况发生时才有余力可以确保瓶颈设备仍能顺利地满负荷生产。换句话说,就是让第四个工作站保持

# 第九章

## 拉动看板概述

- 第一节 什么是看板
- 第二节 什么是拉动看板
- 第三节 为什么实施拉动看板
- 第四节 拉动看板实施流程
- 第五节 团队合作是成功的基石
- 第六节 管理咨询顾问可以减少实施过程的损失
- 第七节 选择样板流程
- 第八节 成功实施看板的关键因素

计划部门每周或者每月制定一次生产计划，生产部门按照生产计划一丝不苟地执行，调度人员不断进行现场巡视，以协调控制生产进度。这是绝大多数工厂的现状。

但是，你看到过这样的生产现场吗？

设想有这样一条生产线，操作员有权利根据生产现场的实际情况自己调整生产计划；设想有这样一条生产线，它的生产批量经过了优化计算，既能满足客户的需求，又能做到最少的库存；设想有这样一条生产线，当你从旁边走过时，生产线清晰的目视管理使任何人一眼就能判断出生产的进度情况。

听起来不可思议吗？这正是实施了拉动看板的生产现场的真实写照。

## 第一节 什么是看板

“看板”一词来自于日语，原意是传达生产任务的卡片。究其根源，看板可以上溯到精益生产的起源——丰田生产方式的初期。20世纪40年代末和50年代初，丰田生产方式的创始人之一，大野耐一先生在日本的丰田汽车制造厂引入内部市场机制，由后工序向前工序发出生产订单，他把这种内部订单写在卡片上，称之为看板。

在生产管理界，由于5S的推广，很多人开始接触到“看板”这样一个词汇。在5S中的看板是一张真正的板子，上面的内容丰富多样，包括现场问题的揭示、改进意见，改善进度等等，主要起到宣传的作用，是很好的目视管理工具。但是，在本书中讲述的“看板”特指生产任务的传达工具。

## 第二节 什么是拉动看板

### 一、拉动看板的历史沿革

大野耐一先生在日本的丰田汽车制造厂引入内部市场机制，由后工序向前工序发出生产订单。这种内部市场机制用来进行流程间的生产控制，希望借此达到“一切遵照顾客的要求，只在需要的时间，生产需要的数量，绝不生产当前不需要的产品”的理想状态。这种理想，后来被称之为JIT（Just In Time，及时生产）。

在这种内部模拟市场方式下，由顾客决定生产什么，生产多少，而后工序被定义为顾客，是由后工序决定前工序的生产，因此这种方式也被称之为“拉动生产”。拉动生产的信息传递工具就是看板，因此也常常称之为拉动看板。

通过使用拉动看板，大野耐一极大地压缩了流程间的在制品（WIP——Work In Process），并由此降低了库存持有成本和生产周期。

丰田公司使用拉动看板的最初目的是协调流程间的生产进度、降低库存、以及管理机器设备的利用率。但是，现在丰田不仅仅使用这种工具来管理成本和流程，而且已经逐步把它发展成了一种工具，用来识别流程中的缺陷以及寻找持续改善机会。

拉动看板起初并没有像后来那样引起世界范围的重视。直到20世纪70年代全球经济衰退，丰田公司却获得了巨大的利润，丰田公司的看板方式才获得了应有的地位。

至此我们作个小总结：

- JIT：JIT是目标，是希望一切遵照顾客的要求，只在需要的时间、生产需要的数量，绝不进行当前不需要的生产。

- 看板：狭义来讲，是生产信号的传递工具，广义来讲，代表着拉

• 拉动生产、拉动看板：是同一方法的不同名称，是帮助实现 JIT 的工具之一。

## 二、拉动看板的特点

首先，在拉动看板方式下，作业员不是僵死地执行上级领导预先制订的生产计划，而是根据下一工序发出的目视信号，来决定何时生产、生产什么、生产的数量以及何时停产、何时进行生产切换。

其次，看板制定了规则，告诉作业员，当生产中出现问题时，他们应该采用何种解决步骤，应该向谁申请帮助。

最后，拉动看板系统具有良好的目视性，使得管理者或计划员能够一眼就获得需要了解的生产进度情况。

再次强调，看板是一种由顾客需求驱动的计划微调与进度控制方法。在看板控制的流程中，作业员根据下一工序的真实需求来决定生产，而不是根据若干天前根据预测制定的生产计划来组织生产。因此，对于一个实施了看板的流程来说，必须遵守如下两点：

- 只生产顾客（后工序）需要的产品，绝不超出客户的需求。
- 只根据客户发出的生产指示进行生产，绝不自行组织生产。

## 三、拉动看板的作用

拉动看板取代了传统的制定周计划或者日计划后的控制工作。传统生产计划由计划职能部门做出，并用文字的形式发出，然后依靠调度进行调整。在看板方式下，计划由作业员根据现场实际情况调整，并且采用目视信号代替了文字形式的生产指令。

提醒大家，拉动看板是一种控制工具，不要把它看成是计划工具。看板无法制定长期计划甚至周计划，它执行的是针对实际情况的改变而对生产计划进行微调的工作。拉动看板不会取代生产计划的作用，相反，生产计划提供的信息有助于建立一套拉动看板系统，这套系统反过来提

- 为了保证计划进度，每日不得不做的调度工作。
- 为了制定合理的计划，计划员和管理者不得不过于频繁地巡视现场，察看生产进度情况。

这样一来，物料员、计划员、管理者就得以解放出来，把时间用在解决异常问题和进行流程持续改善上来。最后，拉动看板对整个增值流程实现了很好的控制，而且作业员通过拉动看板获得了充分的授权来控制生产线。

本书所述内容，目的是帮助读者所在工厂获得如上所述的控制水平。为了达到这一目标，本书将根据看板的实施步骤，逐步向您阐释如何实施。本书同时致力于减轻大家对实施拉动看板的担心与恐惧。很多人对于谁来制定生产计划、谁来对生产计划进行调整、如何控制生产流程已经形成了根深蒂固的观念，看板方法迫使这些人挑战自己的既有观念，于是恐惧油然而生。本书将提供建议、提供必要的解决步骤与方法，来帮助你消除这些担心和恐惧。

## 第三节 为什么实施拉动看板

除了以上提到的优点以外，还有什么其他优点值得评估是否值得花费时间和资源来实施看板呢？表 9.1 列出了看板的好处。

表 9.1 拉动生产的益处

1	降低库存
2	提高物流的顺畅性
3	防止过量生产
4	对生产操作进行控制(作业员级别)
5	实现对流程的目视管理
6	提高适应需求变化的灵活性
7	降低库存报废的危险
8	有助于供应链管理



不幸的是，一些公司迟迟不肯推行拉动看板，而原因正是由于仅仅注意到了库存持有成本这一点。在这种错误的前提下，这些公司把眼光更多地投向了经济批量（EOQ——economic order quantity），认为存在一个“合理”的库存数量，进而认为自己公司的库存已经是“合理”的，没有必要再花力气去推行拉动看板了。他们没有意识到，经济批量公式中忽略了库存衍生出的其他成本：运营费用、返工费用、废料、以及对客户服务水平的下降、物料管理费用等等。综合考虑这些因素的话，绝大多数公司的库存恐怕是太高、太不合理了。

精益型的企业，正是看到了库存与如此之多的因素相连，因此直到今天，看板仍然是这些企业认为必要的管理手段。另外，在实施看板的过程中，公司将会形成一种不断致力于改善流程的企业文化。当公司员工看到库存不断降低时，人们也就切实感受到自己的努力给公司带来的实实在在的进步。

## 一、降低库存

早在我们开始调查生产现状（停产时间、废品率、换模时间）来计看看板数量的时候，我们就可以看到库存降低的空间了。根据经验，一般企业都有 25%到 75%的压缩空间。计算看板这样一件工作迫使我们生产现状进行分析，并且同时迫使我们去探索这些年来造成库存量持续增加的那些潜规则。

从财务角度来看，降低库存不但节约库存的持有成本，而且减少现库存占用的生产面积。节省出来的场地可以用来生产新产品，或者当新的生产计划时，不必花钱租用新的场地了。

## 二、提高物流顺畅性

如果实施顺利的话，看板会提高现场物料的顺畅性。顺畅性的提高但来自于库存量的减少，同时也来自于在看板实施的过程中所建立起

从而为物料的运输提供了合理、直观的指示。看板同时向操作员提供了生产指示，告诉作业员生产什么、何时生产、生产多少（当然同时也告诉了作业员什么时候停产），这就提高了生产现场的控制力，控制力的提高驯服了计划变更这一造成物流不畅的怪兽。

## 三、防止过量生产

看板通过目视信号告知作业员应该生产何种产品，以及下一个需要生产的产品是什么。这种目视信号同时告诉作业员和管理者什么时候开始生产，什么时候停产，绝对不允许生产后工序不需要的产品。

有很多生产现场，很少去控制生产的数量，而这就纵容了过量生产。在精益生产中，过量生产是 7 种浪费之一，拉动生产通过限制产品托盘容量和限定最大库存数量的方法来防止过量生产。这种方法不需要花费金钱和人力建立追踪系统（例如条形码），却同样可以达到控制生产数量，控制库存数量的效果。

## 四、对生产操作进行控制

在拉动生产方式下，通过目视管理，不但经理、主管、计划员一眼就可以了解生产计划，作业员也能够一眼就了解生产计划。因此，辅以正确的规则和指引，作业员自己就可以运行生产线。看板会告诉他们制造什么、制造多少以及按照什么顺序生产。另外，看板的目视化本质使得发生异常情况时，任何人都可以一眼就看出来，从而看到的人就可以立即采取措施应对。

这种方法还为充分授权提供了机会。因为，通过建立作业员自主控制的生产线，经理和主管、计划员都获得了解放，从而使他们可以从事其他更有意义的活动，比方说可以削减其他浪费、进行供应链管理等等。

顺便说一句，作业员自主控制生产线是需要投入的，我们无法期待

某一天作业员突然掌握了控制技能，并且主动承担起了责任。在作业员熟练地运行看板前，他们需要好好地培训和教导。我们当然不能随随便便就把一套看板系统交给他们，然后指望大家向专家一样进行运作。别怕培训，只要我们把看板设计的方便操作，那么，培训就不是什么大问题了。

## 五、实现对流程的目视管理

通过有效地使用目视化技术，看板系统就可以取代写在纸张上的文字生产指令了。目视信号（产品托盘、进度指示板、地面区域线等等）可以告知作业员应该生产的型号以及生产顺序。通过使用生产开始信号（黄色信号）和危险信号（红色），作业员就会知道：

- 生产什么以及生产多少
- 什么情况下，向谁求得帮助

这些信号同时也会让经理和主管一眼就看出生产的进度情况。这样一来，就为经理、主管和计划员、调度员节省了大量的时间，使他们可以有时间去解决生产问题、进行未来规划或者从事其他的流程改进活动，而不必每天纠缠于生产现场，根据根本靠不住的生产计划对生产现场进行调度了。

## 六、提高灵活性以适应计划变更

看板方法设定了最高库存量和最低库存量，通过观察库存量来调节生产进度。库存量本身就是一种信号，这种信号决定了生产什么、生产多少以及何时生产、何时停产。当需求降低时，库存量就会变大，当达到设定的最高库存量时，就发出了停止生产的指示。这样，当这个品种的订单数量减少时，看板系统自动就会告诉你是否进行生产。这样就不必对是否像往常一样正常生产而犹豫不定了。

在相反的情况下，如果订单数量增加了，那么已有的库存会很快地消耗掉，并最终触到了最低库存量，这时，就要赶快安排生产这个产品了。

## 七、降低库存报废的危险

就像看板能阻止过量生产一样，看板会阻止可能变成废品的生产。看板是基于实际需求（或者销售）发出生产指示的，而并不是基于预测。因此，在看板方式下，就只能生产真正需要的东西。因此当订单或者设计发生变更时，只需要处理少量的流水线上的物料就可以了，绝不是要像以前一样报废大量的库存。看板的目视性质也使得库存物资不会平白无故地消失，就像传统方式下常常发生的那样——先是物料消失不见了，然后注销，最后突然戏剧性地出现在某个地方。

和报废相关的还有新鲜度，对于食物和一些保存期特别短的物品来说，这可是个大问题。看板方法控制住了库存的总量，因此也就控制住了物品的生产周期，保证了新鲜度。

## 第四节 拉动看板实施流程

如何才能实现如上所述诱人的收益呢？首先，一定要下定决心采取行动进行变革，不能再让现状持续下去了。你要克服对于变革的厌恶感，要尽快制订一个行动计划并且完全彻底地实施该计划。在以上的基础之上，就可以遵循下述的看板实施7步骤了。

表 9.2 看板实施7步骤

1	进行数据收集
2	计算看板数量
3	设计拉动看板
4	全面培训
5	启动拉动看板
6	监察和维护
7	持续改善

这些步骤包括了对现状的调查,期望达到的效果,以及如何达成目标。另外本书的章节安排,也是按照这7个步骤的顺序。

## 一、数据收集

在这个阶段,我们要做的事就是收集生产流程中的数据。必须以这些真实的数据作基础,不可以用自己的“希望”或者“想象”出来的数据设计未来的拉动看板系统。这些数据主要用来在第12章计算看板数量。在进行这一步的时候,必须秉持客观公正的态度,获取真实的数据,只有这样,计算出来的数据才是真实可靠的,才能既满足客户的需求,又能有效地减少库存数量。

在这一步,正是进行价值流分析(VSM——Value Stream Mapping)的最佳时机,通过对全厂进行价值流分析,就可以知道各个生产流程的真实状态,并判断出哪个流程的状态最适合实施看板,这样,就找到了实施看板的样板流程。另外,在全面实施精益生产的企业里,就是在完成价值流分析后确定看板样板流程的。本书第15章专章讲述了如何进行价值流分析。

## 二、计算看板数量

在拉动生产方式下,一张看板代表一定数量的产品。一般情况下,一张看板表示一个托盘的产品。因此,所谓的计算看板数量,就是指计算需要的缓冲库存的数量。

一旦我们获得了生产的真实数据,就可以着手计算看板数量了。

首先,我们要计算现有的产品容器的容量,例如是以托盘为容器,那么,容量可能是10个,也可能是50个。要以现有容器为依据,而不是未来要使用的容器的容量为依据。不必担心容量过大,因为在后续步骤中,我们将改善流程,如有必要,我们可以重新设计容器,从而减少看板数量。现在不改变容器,是因为不希望变动因素太多,毕竟,让看板运行起来是我们的首要目标。这一步需要计算的数据包括:客户需求、系统不合格率、生产率、计划中的停产时间以及换模时间。这些数

据将被用来计算补充周期(replenishment interval)。

- production requirement: 客户需求
- scrap rate: 不合格率
- production rate: 生产率
- down time: 停产时间
- changeover time: 换模时间
- replenishment interval: 补充周期

最终的看板数量,还会考虑安全库存、干燥时间、老化时间这些因素。这一步的计算结果为下一步进行看板设计提供了最基本的数据。

关于补充周期(replenishment interval),将在第12章详细解释探讨。在第12章,还会介绍一种可供替代的简易计算方法,简易方法无需大量的数据计算和收集,当然,该方法也有它的无法克服的缺点。

## 三、设计看板运行规则

一旦根据生产现场的实际情况计算出了满足客户需求的合理看板数量,就可以进入看板规则设计阶段了。设计良好的看板应该能够在未来的运行中提供如下的信息:

- 如何对物料进行控制
- 使用何种方式传递看板信号(只能采用卡片形式吗?)
- 看板信号的具体含义是什么
- 谁可以控制看板的移动
- 谁来控制生产进度
- 出现问题以后,谁来解决
- 需要采用什么样的目视管理方法
- 需要进行什么样的培训
- 看板实施计划是怎样的

在这一步骤的最后,要把各个规则作为任务加以分解,最终形成一个具体的实施计划,包括需要采取的各项行动,以及各行动的完成日期。

一旦制订好实施计划,马上敲定开始执行的日期,不要犹豫!别怕

多时候,看板启动阶段之所以出问题,就是由于监察工作没有认真开展。因此,在看板实施阶段,就要预先设计好监察人员的工作。通常情况下,监察员的工作就是监督作业员是否正确按照看板的信号指示运作,同时,监察员要注意流程是否能像以前一样提供客户满意的服务。监察员发现问题以后,要立刻通知相关责任部门寻求解决方案。这阶段的工作目标,是比作业员更早发现看板中的问题;等作业员发现问题再向上汇报,那可就晚了,因为这就损害了作业员对拉动看板的信心。又因为看板的数量和客户需求量是相关的,因此,监察员同时要密切注意未来的需求变化,以便于体现在看板数量上。同时,监察员要与流程改善人员密切配合,随时把改善成果转化为看板数量的减少。

## 七、持续改善

最后,当看板已经开始顺利运行后,要着手对拉动系统进行持续改善,不断降低库存。不要迫不及待地降低看板数量,首先要认真细致地观察系统的运作情况,鉴别确实超量的看板,计算后再把多余的看板拿开。但是这种“观察现状,然后减少看板”的改善方法,说到底仍然是对现状的一种运筹优化。在第14章,会详细解释如何对现状本身做出改善,这种改善相比较而言,是比运筹效果更优的做法。第14章解释了可能的改善点,并提供了改善方法,按照书中所示,就能取得最大的改善效果。改善结束后,需要重新设置看板数量,不要凭空想象可以缩减到什么程度,而是要认认真真地按照看板计算方法重新计算一遍。

## 第五节 团队合作是成功的基石

在实施看板之前,首先要考虑的就是成立实施小组。这个小组的人员构成需要认真选定,全部由管理精英或者应届大学生组成的团队并非首选。要知道,看板的成功,在很大程度上取决于全员的参与,要让看

包含所有相关部门的、跨越职能的小组。这个小组的成员包括：作业员、物料员、经理、主管、计划员。他们掌握着丰富的生产知识、物流知识、管理知识，因此能够进行成功的看板规则设计。另外，他们的参与有助于减少各个方面对于变革的阻力，有利于所有相关人员都变成主动参与者，而不是被动的局外人。

或许你有能力独自完成看板的设计工作，但是缺少了团队的协作，无法说服所有相关人员共同参与其他工作。而小组成员本身就是出色传播者，他们可以在各自的部门传播拉动生产的知识，减少变革的阻力，况且，他们还能确保各部门的意见不被忽视，从而事前预防了不良果的发生。

## 第六节 管理咨询顾问可以减少实施过程的损失

很多不十分熟悉看板的人都会问一个问题，那就是“我是否需要一管理咨询顾问来协助实施呢？”答案是，根据具体情况而定。在做决定之前，不妨先把本书看完，然后思考以下问题：

- 需要实施的看板是复杂还是简单？
- 我有足够的人力资源与知识资源进行实施吗？
- 我有称职的专家来领导一个小组设计并实施看板吗？
- 我是在一家工厂还是在多家工厂同时展开看板？
- 我是否有必要借此机会培养一批精通看板的精益改善高手吗？

这些问题的答案决定了你是否需要外来的顾问师。给您的忠告是，完全可以成立自己的实施小组，并把本书作为实施指导手册，但同时一定要选择优秀的顾问师对您的小组进行系统的培训。当然，如果小组成员经过一段时间的实践和理论提高，已经达到了顾问师的水平，那么时候就没有必要再请求外部资源的帮助了。

## 第七节 选择样板流程

前面已经提到，在试行阶段，需要一个合适的流程来实施看板。对于目标流程的选择，提出以下建议：

- 首先，大处着眼，小处着手，选择一个尽可能简单的流程，然后把实施看板的完整过程进行一遍。向全公司的人员展示看板的益处，建立大家对看板的信心。

- 要选择一段职责清晰的流程，这个流程与上游供应商、下游客户的关系相当明确，不要职责不清。

- 由于看板的核心之一在于取代了以往的调度等工作，因此，为了充分展示看板的益处，需要选择以往调度工作最繁重或者最头痛的流程。并且要预先估计到，在这里实施看板的确能解决实际问题。

- 尽量选择需求稳定的流程。稳定的流程在计算看板时简便，而且更改较少，因此看板运行平顺稳定。

- 优先选择易于接受变革的流程。员工对变革热情拥抱，看板就成功了一半。根本不要考虑那些对看板还有很深敌意的流程，在这样的流程里，不只是看板，任何变革都是行不通的。

- 设置样板流程，就一定要保证它成功。这既给实施者提供了成功的经验，同时使公司对看板建立了信心。

如果自己的公司事先已经做过了价值流图，那么，也可以根据价值流图的信息来挑选合适的样板流程。如果自己的公司正在进行精益生产，那么，价值流图本身就应该已经包含了多种流程供你选择，并且，价值流图有助于数据收集。

不建议把直接面向顾客的最终流程，比如说包装流程，作为样板流程，因为顾客的需求往往变动很大，相比较而言，内部流程的波动会小得多，而且这种波动是可以控制的。我们作样板流程时，一般还处在对拉动看板的学习阶段，在这个时候冒险是不明智的，况且，做看板是为

# 第十章

## 推行机构和实施计划

- 第一节 小组成员的构成
- 第二节 任命项目组长
- 第三节 制定组织条例
- 第四节 制定看板实施计划
- 第五节 训练项目组
- 第六节 领导层的支持

## 第一节 小组成员的构成

不采用项目组共同推进的方法，就不能保证看板成功实施。因此，决心实施看板之前，首先就要抛开个人英雄主义，绝对不能单兵作战。因为，你可以独自一人计算看板数量，你可以独自一人设计目视信，你可以独自一人提出各种令人敬佩的改善提案，但是，你永远无法个人进行成功的看板实施。

成功的项目实施，需要方方面面的参与，需要大家在实施过程中提出意义的见解，需要大家在实施过程中学习自己应该掌握的技能，需要大在实施过程中理解自己应该扮演的角色。因此，从一开始就要组建看板项目组，让大家在开发、设计、展开阶段参与进来。否则的话，别指望你号令下，大家就纷纷得令，然后按部就班、有条不紊地实施下去。

拉动生产实施小组将是跨越职能部门的，成员来自各个相关部门，要包括：作业员代表、生产与计划经理、主管、计划员、调度员、物供应人员。跨职能小组的好处在于，每个人都能从自己熟悉的工作出，提出非常具有建设性的方案。或者，至少他们会向你提供很多知，有些知识可能你早已烂熟于胸了，但也有些可能你连做梦都没想到。因此，这种小组将大幅提高实施成功的可能性。

小组成员承担着宣传员和播种机的角色。他们向自己的同事解释正发生的事情，便于取得公司上上下下的支持。如果他们本身很快就对板理解到位，那么，他们对于看板的热情就会高涨，同时，他们会用自己的热情感染其他人，这可是做广告也达不到的效果。这些小组成员还未来的培训师，有了他们的协助，后续的全员培训工作就会事半功倍。

不过要注意，这种小组同时意味着风险，而且是需要付出成本的。然成立了项目组，就一定要花费足够的时间去培训小组成员、聆听他的意见，对于无法接受的意见一定要给出合理的解释。一旦重视程度够的话，小组成员的热情会迅速降低，到那时候，小组成员就变成了忽视的人群，甚至有可能变成被激怒的人群，那时就别指望大家再发什么正面的作用了。

小组成员应该涵盖流程中的所有相关人员，比如操作员、物料员、经理、主管、计划员。建议把那些掌握特殊数据的人，只要他们表现出对看板有兴趣的，就可以吸纳进来。

不必担心把和运作看板不直接相关的人吸纳进来是否合适，门外汉更容易接受新鲜事物，反倒是工作多年的“老油条”们很难感化，做起改革的工作畏首畏尾。

列举一下小组至少应该包括的核心成员：

- 生产经理/生产主管
- 物料经理
- 物料员/仓库管理员
- 生产作业员

小组人员的数量控制在 5~8 个人之间，太多了不便于管理。允许小组成员向各自原来所属的部门汇报进展情况。鼓励设置全职组员。如果小组成员必须同时承担原来所属的部门的工作时，请部门领导制定工作分担计划。

其它建议吸纳的人员如下：

- 人力资源经理
- IE 工程师
- 销售和客户服务人员
- 未来的内部培训师

对于其他人员的吸纳，建议根据他们能够给小组提供怎样的信息来确定。

大家常常会忽略一个重要的角色——顾客。在这里对流程的顾客做一个定义，顾客可能是真正的购买产品的顾客，也可能是本流程所服务的下一道工序，或者是购买本流程产品的协作厂商。顾客的参与是一件

请顾客参与看板决策的时候，要事先做好准备，首先要弄清现平与服务水平，这样，才能从容应对顾客最初的怀疑。另外，和顾客沟通，应该邀请客户经理和供应链经理一起参加。

## 第二节 任命项目组长

项目组时，任命项目组长，项目组长的职责包括：

开项目会议；

监督看板实施进展；

呆实施计划执行。

目小组成员的意见不一致时，项目组长有权利做出最终决策，种权利不可以滥用。同时要求项目组长掌握娴熟的沟通技巧，看板相关知识，能够引导大家朝正确的方向讨论。表 10.1 列组长应该承担的角色。

表 10.1 项目组长的角色认知

1	召开项目会议
2	提供项目所需资源
3	确保做出会议记录并传达到各成员手中
4	管理看板的实施
5	合理控制项目预算
6	解决组内不同意见与纠纷

项目组长的资格，首先要看组长是不是在流程中至关重要，这着看板实施的成败。理想的候选人从生产经理、物流经理、或

## 第三节 制定组织条例

当你有了团队成员，而且选出了合适的领导者之后，就要花点时间让原本来自不同部门的各路英雄真正组合成为一个团队了。首先，要让大家明白工作的目的，以及公司对于看板项目的期望；其次，解释清楚大家的权限；最后，讲清楚一些基本的技术问题，比如，为了降级库存、让看板发挥作用，需要减少换模时间、缩小加工批量、减少搬运等等。这样，就给出了达成目标的清晰手段，让大家感受到，达成目标不是遥不可及的事情，只要在这几个具体方面做出努力，目标就能达成。

项目组还需要花时间互相介绍、制定组织条例，必要时任命书记员等辅助领导者。常见的组织条例如下所示：

- 交谈时使用礼貌用语；
- 轮流发言，轮流主持会议；
- 禁止人身攻击；
- 说明决策流程；
- 会议纪律（禁止迟到、早退；如不能出席或者请他人代替出席，要提前请假）；
- 例会的时间、地点。

制定条例时，注意不要与公司的类似条例相冲突，制定的条例，要上报公司申请批准，并正式下发给各部门。第一次小组全体会议由项目组长主持召开，做好会议记录，并把会议记录整理成书面文档，下发给与会成员。

除了制定组织条例，为了便于推动组织的工作，还可以考虑让小组成员兼任或者另外安排人力担任书记员、会务员以及预算经理等职务。在分派工作时，项目经理不能当好好先生，如果没有志愿者，就要指派



## 第四节 制定看板实施计划

现在，项目组建立了起来，任命了领导者，制定了条例，那么，下来的工作，就是制定实施计划了，实施计划要包括实施日程和实预算。

### 一、制定日程计划

日程包括设计看板的时间、实施看板的时间、制作进行目视管理的具所需的时间、安装工装夹具所需的时间、协调计划的时间、培训的间。制定日程需要大家一起参与，根据预估的工作量和自身的处理能来设定日程。注意不要因为大家都没有实施过看板的经验就把时间设的特别宽松，看板实施并不是特别困难的一件事情。制定一个开始运日期，这样大家就有了计划的目标和依据。不要轻易更改运行日期，则的话就会一拖再拖，永远没法开始。

对于样板流程，建议用一个月的时间完成看板启动工作。这一个月时间作如下分配：

- 一个星期的时间成立项目组；
- 一个星期进行小组培训和设计；
- 两个星期进行实施和对作业员进行培训。

如果一个月的时间不能把样板流程的看板做出个样子来的话，那么反很快就会被打到角落里，被工厂的其他改善活动埋没了。或者，是一个月的时间不能把样板流程的看板做出个样子来的话，那么很能看板本身设计的过于复杂了。表 10.2 给出了针对样板流程一个月的建议。

203 车间看板实施计划					
启动日期: 2003.5.1			项目组长: 刘晓迪		
实施步骤	时间	1	2	3	4
建立项目组	1 周				
任命组长					
选择组员					
项目会议					
收集数据					
培训和设计	1 周				
施工	2 周				
启动	1 周				

### 二、制定项目组预算

制定好日程后，就要开始为项目支出制定预算了。这些预算主要包括制作信号看板的费用和新的产品容器以及其他必不可少的硬件投入。项目组长对预算负责，每次会议都要讨论预算情况。

预算本身是一种对项目组的授权，有了预算，项目组就可以自主决定可以进行的工作了，而不必每件事都需要向上一级领导请示批准。所以说，预算一旦通过，项目立项就成了定局。

为了估算预算金额，你可以让大家一起评估项目细节。通过这一过程，大家就会明白，每一笔款项都有其用途。这样的话，大家就不会随便把钱花出去了。要教育大家把钱花在有用的地方，花在和看板项目直接相关的地方。

## 第五节 训练项目组

为了成功实施看板，项目组成员必须首先接受看板技术培训，培训涵盖如下三个领域：

- 看板的要素
- 实施看板的流程步骤
- 成功实施看板的实例

为了确保培训效果，建议采用仿真模拟以及“情景说明书”的方式进行培训。这样的深入培训至少需要一天的时间。在这个阶段，建议聘请外部顾问师进行培训，外部培训师具备丰富的经验，而且，他们所具有的权威形象是内部讲师不具备的。不应当仅仅学习培训师讲解的看板知识本身，为了培养自己公司的内部讲师，还应当学习培训师是如何讲课的。培训的首要目的是向项目组提供看板知识。同时，建议把设计看板这个阶段与培训进行整合。这样一来，由于理论与实践结合得很好，学习效果就好。而且，这种初步的看板设计为今后的工作也打下了基础。

## 第六节 领导层的支持

成立看板项目小组的最后一步是领导层的支持。实施看板是一项变革，对于变革，任何企业都有一些人怀有敌意。哪怕是领导已经决定下来的事情，很多人都会竭尽所能，去明顶暗抗，散播谣言，我们通常称这批人为花岗岩脑袋。领导对此不能手软，要采用霹雳手段，坚决把歪风邪气压下去。如果领导者信心不坚定，对于变革的反对者无动于衷的话，那么，就应该再次评估实施看板的必要性了。只有被市场逼到绝路

的公司，才能完全顺利地实施看板。领导者有责任创造利于变革的企业文化，要让项目小组的成员明白，反对者不敢当面阻挠看板实施。

为了创造变革的气氛，为了表明领导者对于看板实施的支持，建议采取如下行动：

- 参与项目组的重要会议；
- 在公开场合讨论实施进展情况；
- 为项目组申请的资源开辟“绿色通道”；
- 公开对项目组的阶段性成果表示祝贺；
- 让反对实施看板的领导者参与看板实施；
- 根据实施计划，向相关各方索要实施进度所需数据的附件。

一般情况下，通过这些措施，公司全体人员都能深深体会到实施看板势不可挡。

# 第十一章

## 收集看板数据

- 第一节 收集数据
- 第二节 数据汇总
- 第三节 数据分析

很多人对精益生产、对看板心存怀疑和恐惧。有人一心认定零库存是不可能实现的，因此就根本拒绝对库存作任何改善，放任库存越来越多。要么不做，要么就做彻底，这是一种极端的做法。不能实现零库存，那么削减一半总可以吧？削库存是一项改善活动，只要肯做就会带来好的效果，做一点好一点。要做削减库存的工作，无论如何，首先就需要把库存纳入管理内容，而看板就是一种管理库存/物流的有力工具。

另一些人则是被精益生产所追求的零库存或者一个流目标吓坏了。大家对于这样一个前景有着本能的恐惧，考虑到并非每个公司都像日本的企业一样拥有较高的质量水平，那么一旦出现品质问题，则整个工厂都会停产。很多工厂还要考虑到糟糕的机器设备，如果没有缓冲库存的话，一旦停机，整个工厂都会停产。在这种情况下去搞零库存，还能期待有什么好结果吗？

这里要做一个说明，看板并不等于零库存，极低的库存水平是精益生产的目标之一，看板则是实现这一目标的重要手段。换言之，看板并不追求一下子就要求现场变成零库存，而是从生产现状出发，帮助企业一点点实现零库存。因此，一个稳妥地看板实施方案，一定是调查生产现状的数据，以公司现实数据为基础，展开工作。这样的话，我们的开局就会非常稳妥，我们没有改变现有的库存水平，只是首先加装了一套控制体系，把库存纳入了控制。接下来，才是根据分析得出的库存产生原因，采取措施，消灭根源，逐步削减库存。

因此，为了避免实施看板失败，就要认真地收集现状真实数据。这里的数据一定是反映现状的数据，绝对禁止用自己对未来的期望值代替。在这个阶段采集的数据，是在下一个阶段设计看板的基础。因此可以说，采集现场数据，是实施看板的第一步。

需要采集的数据主要包括：

- 合格率 (Qualification)
- 客户需求 (Custom Demand)

- 切换时间 (Change Over Time)
- 生产率、生产能力 (Production Rate)
- 停产时间 (Down Time)

我们采集这些数据，然后加以分析计算，得出看板数量——也就是行系统应有的库存量。共分为三个步骤：

- 采集数据
- 数据汇总
- 数据分析

## 第一节 收集数据

为了控制流程，首先要对流程有总体的描述。可以从三个方面描述程，我们要采集的数据，也来自于这三大方面，细分为六项信息，门分别是：

- 产品信息；
- 需求信息；
- 生产能力信息（停产时间、换模时间/切换时间、不合格率、加周期/生产率）。

再次强调，要以诚实认真的态度收集数据，不能凭空想象，不能道金说。由于我们第一步的目的仅仅是让看板运行起来，因此，真实的居帮助我们平稳地把现场控制权转到看板系统。作为万里长征第一稍有差池就可能功亏一篑，别忘了，有很多人正对看板担心不已，上大家噩梦成真。采集数据时，首先要严格地定义数据，认真了解接来对六项数据的描述，保证收集的数据是正确的。如果你在收集结束金查的时候发现数据出现了错误，不要怕麻烦，重新收集数据并且计一遍。

## 一、产品信息

选择的目标流程生产哪些产品，是这个流程的基本特征，我们首先就要调查这个流程都生产哪些产品。对于产品生命周期比较长，一款产品可以生产半年甚至一年的企业，这一阶段的调查可以采用历史数据。但是，对于产品生命周期较短的企业，则历史数据就没什么意义了，应该直接分析现在正在生产的产品。在这一阶段一定要有耐心，有多少产品就记录多少产品。注意不要因为产品来自于同一个定单就把不同的产品记录为一种产品，也不要因为一种产品在后流程被加工成不同产品就记录为多种产品。例如，在镜片打磨流程，生产一种直径 60 毫米的凸透镜，这种镜片在后流程既可以加工成相机镜框，也可以组装成望远镜，在这里，尽管后流程是两种产品，但是在这个打磨流程中，仍然要记录为一种产品。

最终，列下产品代号和名称清单。需要收集的产品信息数据如表 11.1 所示。

表 11.1 产品信息记录表

产品代号	产品名称
1308	1-0
1309	3-0
1312	7-0

## 二、需求信息

我们知道了目标流程生产哪些产品，接下来就要收集客户对于这些产品的需求情况了。这里的需求信息主要包括客户允许的生产时间与总需求数量。例如：客户要求用 12 天的时间生产 1200 个产品。这里的 12 天即是客户允许的生产时间，而 1200 个产品就是总需求数量。

客户允许的生产时间与总需求数量这两个单位不能直接用来进行看板计算, 我们还需要明确计划的时间单位。工厂常用的是周计划与日计划, 也有少数采用月计划和双周计划。这种时间单位, 我们称之为“期间”——(Interval)。调查一下, 如果你的公司是按周安排生产, 则计划期间是“周”, 如果是按日组织生产, 则计划期间是“日”。

明确了这个概念, 我们就可以计算客户的期间需求(interval requirement)了。例如: 客户要求用 12 天的时间生产 1200 个产品; 公司的计划期间是“日”。因此, 客户的 interval requirement (期间需求) 就是 100 个产品。意即每日需要供应 100 个产品。

$$\text{interval requirement} = \frac{\text{客户总需求}}{\text{期间数量}}$$

例题:

条件 1: 某订单要求生产 60000 个产品, 时间从 12 月 7 日开始, 到 12 月 27 日要求交货。

条件 2: 公司实行三班倒, 要求计划具体到每一班。周六、周日不休息。

分析:

$$\begin{aligned}\text{interval requirement} &= \frac{\text{客户总需求}}{\text{期间数量}} \\ &= \frac{60000 \text{ 个}}{(3 \text{ 班/天}) \times 20 \text{ 天}} \\ &= 1000 \text{ 个/班}\end{aligned}$$

这个数量就是为了满足客户需求而在期间内必须生产的数量, 也表明了客户在期间内的平均消耗量。供应流程根据消耗量进行补充生产。在这个例子中, 我们使用的是外部客户的例子, 在实际看板实施过程中, 我们用客户需求或者顾客需求泛指一切后流程需求。

### 三、生产能力信息

客户的需求与流程的实际产能之间常常是有差距的, 或者表现为供

大于求、或者表现为供不应求。生产工厂的各流程之间的生产能力是不平衡的。对于目标流程来说, 如果目标流程的产能大于后流程的需求, 则采用由后流程拉动目标流程的看板方法是可行的。如果目标流程的产能不足, 目标流程是整个工厂的瓶颈, 那么就不能采用服务于后流程的管理哲学了, 这时候, 就要转换观念, 外部顾客的需求是瓶颈流程生产计划的依据, 其他一切流程都要围绕瓶颈流程服务。当然还有其他解决方案, 比如购买新的机器设备, 或者提升目标流程的效率等等, 这样就提升了目标流程的产能, 可以采用拉动方式了。因此, 为了实施看板, 需要调查目标流程的生产能力情况, 生产能力的调查涵盖了换模时间、停产时间、不合格率和加工周期。

#### 1. 换模时间

换模时间就是产品切换时间。比如一台大型注塑成型设备, 原来正在生产产品 A, 现在决定生产产品 B。而 A、B 这两种产品需要使用不同的模具。因此, 必须花费时间把模具 A 切换成模具 B。这个时间, 就是换模时间。与之相对应, 即使不需要模具的生产线, 在进行产品切换时, 也需要时间。这个时间就叫做换线时间。

至于换模时间从哪里算起, 又从哪里结束, 是我们在调查过程中必须注意的问题。稍不注意, 就可能得到虚假的信息。比如, 有人汇报说产品 A 切换到产品 B 的时间是 45 分钟。那么, 就要分析这 45 分钟是怎么记录下来的。经调查才知道, 他记录的是 A 产品生产结束到 B 产品开始生产的时间。不要落入陷阱。这样的记录是错误的! 对于切换时间, 我们这样来定义: 从上一个产品停止生产, 到下一个产品的合格品开始产出的时间间隔。

为什么会这样呢? 因为很难保证刚刚切换完毕的生产线或者机器设备是稳定的, 这时候往往有不合格品出现。因此从切换完毕到生产合格品这段时间, 实际上并不是在生产计划中可以使用的有效工作时间。

为了保证调查的有效性, 我们鼓励亲自测量切换时间。在这个过程中, 把切换时间的定义向基层领导者进行宣讲, 这样, 才能增加信息的可靠性。对不同品种的切换时间都要调查清楚, 秉持不厌其烦的态度,

务必做到无一遗漏。

采用表 11.2 的样式记录切换时间。

表 11.2 切换记录表

	A 产品	B 产品	C 产品	D 产品
A 产品		45 分钟		42 分钟
B 产品	37 分钟		28 分钟	
C 产品	49 分钟	12 分钟		39 分钟
D 产品	102 分钟			

## 2. 停产时间

停产时间分为两种，一种是计划内的停产时间，例如 TPM 活动、由于产能过大而主动采取的停机活动等等；另一种则是计划外的停产活动，也就是我们要关注的重点，典型代表是机器故障，还有物料没能按计划到达造成的停产。客观的评估停机时间，需要收集和分析历史数据。要注意的是，历史数据有其局限性。例如，最近两个月通过改善活动，停产时间已经大为减少了。在这种情况下，如果生硬的套用历史数据，把过去两年的信息加以平均处理，作为停产时间的数据，显然是不合适的。

## 3. 合格率

接下来我们讨论关于不合格率信息。我们在这里讨论的不合格率，称为系统不合格率。系统不合格率，除了考虑流程自身的不合格率以外，还要考虑后工序的不合格率。

系统合格率 = 流程合格率 × 后工序合格率

统计系统不合格率的目的，是想知道目标流程的产能应该有多大，才能满足后工序的需要。因此不能不考虑后工序本身的不合格率。

例题如下。

条件 1：目标流程的不合格率是 8%。

条件 2：目标流程所服务的后工序的不合格率是 3%。

求解：外部客户需要 100 个产品，请问目标流程应该生产多少个产品呢？

解：

$$\begin{aligned}
 \text{目标流程生产能力} &= \frac{\text{客户需求}}{\text{流程合格率} \times \text{后工序合格率}} \\
 &= \frac{100}{(1-8\%) \times (1-3\%)} \\
 &= 112
 \end{aligned}$$

答：目标流程应该具有生产 112 个产品的能力才能满足外部客户的需要。

## 4. 加工周期

加工周期时间是指目标流程生产一个产品所花费的时间，这个时间分为三段：

- 手工加工时间
- 机器自动加工时间
- 人机联合作业时间

对于加工周期，我们有两种表达法：

- 第一种，用时间表示，例如，30 分钟/个。
- 第二种，用数量表示，例如，2 个/小时。

两种用法都可以，但是在计算时要注意选择恰当的计算方法。

## 第二节 数据汇总

当把所需信息收集起来以后，就要进行汇总了。我们通常使用如表 11.3 所示表格来汇总记录。

### 数据汇总记录表

计划期间：日计划

[illegible]

切换时间总计 0 分钟

- 一致性
- 准确性
- 现实性

- 使用相同的度量单位，例如，统一用分钟，而不能有些人用分钟，有些人用秒作单位，避免计算的错误。

一定要确保数据的一致、准确、现实性。如果在这个阶段犯下错误，就会在紧接着的看板数量计算阶段出问题。错误的数据有可能让我们增加库存，而更糟的是，错误的信息也有可能建议我们把库存做大幅度的削减，而这很可能导致生产能力的大幅下降。

第一个案例：本案例记录了一个生产两种注塑件的注塑机的流程信息。表格 11.4 是对该流程情况加以记录的流程信息汇总表。第一个案例重点放在展示如何使用流程信息汇总表。

公司每周需要生产 2500 个 O 产品，4000 个 P 产品。公司对于按时

切换时间总计 30 分钟

各产品的每日需求数量和生产能力如表 11.5 所示:

产品编号	每日需求	生产能力(个/分钟)
P001	480	50
P002	970	50
P003	640	50
P004	320	60
P005	500	60
P006	500	60
P007	1200	60
P008	1000	45
P009	800	45
P010	400	45

表格 11.6 是对该流程信息进行记录的流程信息汇总表格。注意，请仔细审视表格 11.6！回想数据分析需要注意的三个方面，看一看表格 11.6 存在哪些错误！

[illegible]

切换时间总计 400 分钟



时间：日计划

品号	产品名称	期间需求	本流程合格率	下流程合格率	系统合格率	生产能力 (一个产品)	切换时间	备注
11		480	90%	95%	85.5%	2.0	40	
12		970	90%	95%	85.5%	2.3	40	
13		640	90%	95%	85.5%	4.7	40	
14		320	90%	95%	85.5%	1.0	40	
15		320	90%	95%	85.5%	1.0	40	
16		500	90%	95%	85.5%	1.9	40	
17		1000	90%	95%	85.5%	2.3	40	
18		1000	90%	95%	85.5%	5.5	40	
19		800	90%	95%	85.5%	1.7	40	
20		400	90%	95%	85.5%	1.7	40	
数据错误					所有产品的数据都相同？			

切换时间总计 400 分钟

表格 11.8 是正确的流程信息汇总表。

1.8 是正确的流程信息汇总表

时间：日计划

产品名称	期间需求	本流程合格率	下流程合格率	系统合格率	生产能力 (一个产品)	切换时间	备注
	480	97%	92%	89.2%	2.0	42	
	970	98%	94%	82.1%	2.3	25	
	640	99%	96%	85.0%	4.7	35	
	320	95%	98%	83.1%	1.0	23	
	500	95%	96%	81.7%	1.0	20	
	500	98%	94%	92.1%	1.9	35	
	1200	94%	90%	84.6%	2.3	51	
	1000	95%	98%	93.1%	5.5	30	
	800	99%	97%	96.0%	1.7	30	
	400	98%	95%	93.1%	1.7	49	

切换时间总计 340 分钟

# 第十二章

## 计算看板数量

- 第一节 拉动生产问题的提出及其运作方法
- 第二节 看板运行必须计算的两个核心参数
- 第三节 计算补充周期
- 第四节 计算生产批量、生产开始点
- 第五节 计算缓冲库存量
- 第六节 计算看板数量
- 第七节 看板计算的案例
- 第八节 复核数据
- 第九节 看板计算的简易方法
- 第十节 供应商看板

上一章，我们讲述了如何收集与分析看板计算所需的数据。这一章，我们讲述如何计算看板数量。

看板数量是什么意思呢？看板数量就是在生产现场实施拉动生产所需要的物料数量。在拉动生产中，我们可以把物料数量的单位定为“箱”，一箱在制品对应一张卡片。因此，多少张卡片就代表了多少箱的物料，卡片数量就是物料数量。在日语中，卡片就是“看板”，因此，计算合理的看板数量就是计算物料数量。

遵循 JIT 的管理哲学，我们只生产适量的产品，绝对不允许生产超出库存上限的产品，这是看板拉动生产的基本原则。本章阐述的重点，就是如何设置合理的看板数量，看板设多了，则使系统库存增加，而如果看板设置少了，那么工厂根本周转不过来，会引起产量的急剧下降。

在看板的生模式下，前工序总是根据后工序的消耗情况组织生产。例如，冰箱外壳生产的第一道流程是注塑，第二道流程是组装。这样，注塑就是前工序，组装就是后工序。由于注塑机的生产速度远高于组装的速度，因此二者之间总是有库存出现。在看板拉动生产模式下，每当组装工序消耗 500 个外壳，注塑工序才开始生产，而且只生产 500 个。这样就补充了组装工序消耗的量。因此，看板拉动生产也叫“补充生产”，英文是“Replenishment Production”。

本章提供两种看板计算方法。第一种是利用上一章节调查的数据，通过计算得出应有的看板数量。使用这种方法，我们就能计算出最优的库存数量。按照这种方法运行，就能直接带来库存的削减、交期的缩短。第二种是不做深入计算，不对现有库存数量做任何改变，直接套用现有的周转库存量。这种方法不需要数学计算，不必承担计算错误的风险。但缺点是不能得出优化解，无法立即削减库存、缩短交期。

在这一章中，重点介绍第一种方法，同时也会提供实施第二种方法所需要的知识。在本章学习过程中，您将会逐步了解自己公司适合采用哪一种方式。

除了流程间的周转库存看板以外，本章也会讨论工厂与原材料供应商之间的看板。

无论是流程间看板还是原材料看板的计算，都必须以现状为依据，绝不可以用自己对未来的期望值代替真实数据。

有了这一章我们计算得出的数据，就可以实施看板了，没有必要等待质量上升、机器停机时间减少、切换时间减少以后再实施。至于实施的风险，由于是在现状数据的基础上计算看板数量，因此就避免了失败的风险。

## 第一节 拉动生产问题的提出及其运作方法

### 1. 拉动生产问题的提出

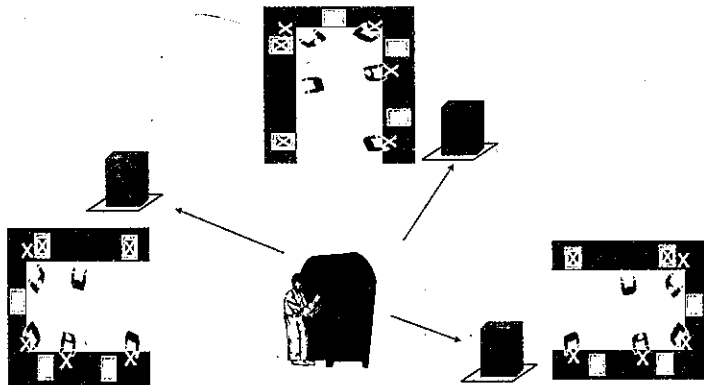


图 12.1 拉动看板的典型应用环境

图 12.1 所示为拉动生产的典型应用环境。

现状描述：

- 一台注塑机同时为三条组装单元生产线提供三种产品；

- 冲压机按照事先预定的月生产计划生产。

问题：由于市场变化越来越频繁，致使组装生产的需求计划变更越来越频繁。在这种情况下，冲压机的月生产计划却没有改变。于是造成“需要的零件生产不出来，不需要的零件堆成山”的局面。以下是造成该问题的核心原因：

- 组装车间的生产计划变更越来越频繁；
- 注塑机的生产计划却没有相应改变。

解决思路：为了改变这种局面，注塑机的生产计划必须随着组装线生产计划的改变而改变。注塑机每次都根据组装生产线消耗的量来组织生产，也就是拉动生产。拉动生产，就是要达到“抛开不准确的预测，实际需要什么就生产什么”的目标。

## 2. 拉动生产的运作方法

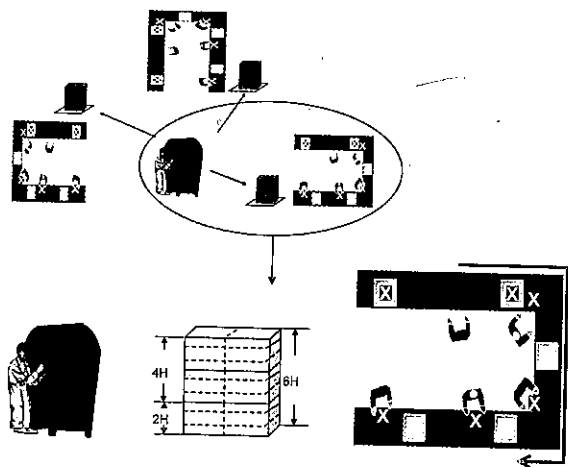


图 12.2 拉动生产运作示意图

拉动生产追求“只生产消耗的数量”，具体如何运作呢？

- 在注塑机和组装生产线之间存在在制品库存，我们设定在制品库的最大库存量和最小库存量。在图 12.2 中，最大库存是 6 个小时的

- 随着组装生产线不断生产，中间在制品库存逐渐消耗，此时注塑机并不生产，只有当消耗到最小库存量的时候，注塑车间才开始生产。在图 12.2 所示例子中，当消耗到只剩下 2 个小时的在制品库存时，注塑车间开始生产。

- 此后，注塑车间进行不间断地生产，直至把组装车间消耗的量补充完毕。在图 12.2 所示例子中，注塑车间一次生产 4 个小时的量。

这样，必须等到 4 个小时的在制品被切切实实地消耗以后，注塑车间才组织生产补充被消耗的 4 个小时的在制品，这样就实现了“仅仅生产消耗的数量”。

从此例题中我们不难看出，在实施这样一种拉动生产方式的时候，我们需要计算最大库存量和最小库存量。为了计算的方便，我们并不直接计算最大库存量和最小库存量，而是求解另外两个参数，然后再把这两个参数转化为最大库存量和最小库存量。这两个参数就是生产批量和缓冲库存量。

需要计算的两个参数：

- 生产批量 (batch size)：生产批量就是每生产一次的批量。比如，注塑机生产 A、B 两种产品，A 每次生产 1000 件，B 每次生产 2000 件。即称之为 A 的“生产批量”是 1000 件、B 的“生产批量”是 2000 件。

- 缓冲库存 (Buffer inventory)：为了防止后流程停工待料而建立的库存。

生产批量与缓冲库存这两个参数与最大库存和最小库存间存在如下关系：

- 最小库存量 = 缓冲库存量
- 最大库存量 = 缓冲库存量 + 生产批量

## 第二节 看板运行必须计算的两个核心参数

看板需要计算的核心参数有两个，第一个是每次的生产批量，第二个是缓冲库存量，这两个参数最终还要转化为看板数量。为了计算生产批量，还需要计算补充周期。计算步骤如下：

- 计算补充周期；
- 计算生产批量尺寸；
- 计算缓冲库存量；
- 计算相应看板数量。

### 一、为什么要计算生产批量

为什么要计算生产批量呢？批量太大显然不对，因为批量越大在制品越多。批量太小也不行，批量太小，则目标流程的时间大量消耗在生产切换上，有可能造成产能不足。

合理的生产批量首先要满足客户工序的能力需求，但是同时，能够满足客户的需求也就可以了，不要再增加批量尺寸了，因为增加批量尺寸会使在制品增加。因此，合理的生产批量要足够小，这样生产周期才能满足顾客的需求。

在计算时，生产批量取决于目标流程的两个时间：

- 可以用于切换的时间；
- 切换需要的时间。

### 二、为什么要计算缓冲库存量

单纯的生产批量无法保证生产的正常进行，一般情况下还必须要有一定的缓冲库存的存在。例如：注塑机的生产批量是 400 个，当组装工序消耗

完这 400 个在制品后，注塑机开始生产。从注塑机收到生产指示到把新生产出来的在制品送到组装生产线旁的时间里，组装工序还是需要进行生产的，这样，就必须要有缓冲库存了。

## 第三节 计算补充周期

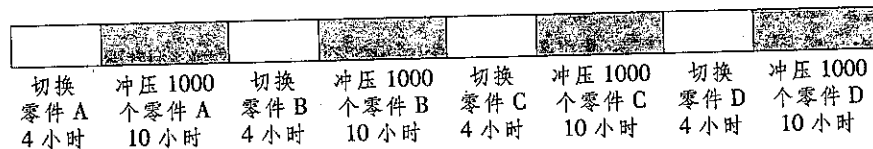


图 12.3 补充周期图示

### 一、补充周期的概念

如图 12.3 所示，目标流程冲压 4 种产品，分别是 A、B、C、D。

- 第一步：目标流程进行切换，用去 4 小时。
- 第二步：目标流程冲压零件 A，用去 10 小时。
- 第三步：目标流程进行切换，用去 4 小时。
- 第四步：目标流程冲压零件 B，用去 10 小时。
- 第五步：目标流程进行切换，用去 4 小时。
- 第六步：目标流程冲压零件 C，用去 10 小时。
- 第七步：目标流程进行切换，用去 4 小时。
- 第八步：目标流程冲压零件 D，用去 10 小时。

整个过程总共用去 56 小时，所有的产品都生产了一遍。对于消耗 A 产品的后工序来说，这就意味着每 56 个小时才有机会补充新的 A 产品。这 56 个小时就是补充周期。

对于生产 A 产品的目标流程来说，在这 56 个小时里，只有一次机

会生产 A 产品，因此必须一次性生产后工序 56 个小时的消耗量，在这个例子中是 1000 个产品 A，也就是生产批量为 1000。

从中我们不难看出，补充周期时间越长，生产批量越大。因此为了计算合理的生产批量，可以首先从计算补充周期入手。

补充周期由以下几个因素构成：

- 目标流程的生产能力；
- 目标流程的切换时间；
- 目标流程的停机时间、合格率；
- 消耗流程的需求量。

由以上四大要素，可以计算得出可用于切换的时间、切换需要的时间。

• 可用切换时间 = F（目标流程的生产能力、目标流程的停机时间、合格率、消耗流程的需求量）。意思是说，可用切换时间由目标流程的生产能力、目标流程的停机时间、合格率、消耗流程的需求量计算得出。

• 切换需要的时间 = F（目标流程的切换时间）。意思是说，切换需要的时间由目标流程的切换时间决定。

补充周期主要由可用切换时间、切换时间决定。

$$\text{补充周期} = \frac{\text{切换需要的时间}}{\text{可用来进行切换的时间}}$$

可用切换时间越长，切换时间越短，补货周期越短。这是因为切换次数越多，生产批量越小。

可用切换时间 = 可用工作时间 - 生产必需时间

计算时需要考虑合格率，考虑到合格率以后，原有生产需求就变成了调整后的生产需求。

## 二、补充周期的计算步骤

### 1. 第一步：计算调整后生产需求，计算公式见表 12.1

表 12.1 需求能力调整公式

$$\text{调整后生产需求} = \frac{\text{合格品需求量}}{\text{目标流程合格率}}$$

有些情况下，消耗流程会产生产品报废或者需要目标流程重新生产的情况，这时，还要考虑消耗流程合格率。这就要用到表 12.2 的公式了。

表 12.2 考虑系统合格率后的需求能力调整公式

$$\text{调整后生产需求} = \frac{\text{合格品需求量}}{\text{目标流程合格率} \times \text{消耗流程合格率}}$$

有必要对每一个产品都计算调整后生产需求。当把目标流程所有的调整后生产需求进行汇总加和以后，就需要计算总的生产需求时间了。这个生产需求时间会帮助我们计算可用切换时间。

### 2. 第二步：计算生产需求时间

要想计算生产需求时间，就需要知道生产每个产品的时间。我们称之为 Cycle Time。计算公式如表 12.3 所示

表 12.3 生产时间计算公式

$$\text{生产需求时间} = \text{SUM}(\text{调整后生产需求} \times \text{Cycle Time/part})$$

### 3. 第三步：计算可用工作时间

每天的时间 24 小时，但并不是 24 小时都是可用工作时间。一般工厂的工作时间是 2 勤 16 小时，这 16 个小时还包括会议时间、停机时间、停料时间、6S 时间等等。把所有这些去除后，可用生产时间也许只有 12 个小时。

表 12.4 列出了可用工作时间的计算公式。

表 12.4 可用工作时间公式

可用工作时间 = 各勤时间总和 - 非生产时间

### 4. 第四步：计算可用切换时间

现在计算可以用来进行生产切换的时间，这个时间由可用工作时间减去生产需求时间得到，计算公式如表 12.5 所示。

表 12.5 可用切换时间

可用切换时间 = 可用工作时间 - 生产需求时间

表 12.6 和表 12.7 展示了可用切换时间的计算公式。

表 12.6 可用切换时间计算例 1

计划时间：日计划

产品 标号	产品名称	日需求	系统 合格率	调整后 日需求	生产能力 Cycle Time	生产时 间(分)	可用工 作时间	可用切 换时间
P001	O 注塑件	1400	95%	1474	8	196	20 分钟	
P002	P 注塑件	1800	95%	1895	10	316	30 分钟	

$1400 \div 95\%$

$1800 \div 95\%$

生产时间

P001 1474 个  $\times 8$  秒/个 = 11792 秒 = 196 分钟  
P002 1895 个  $\times 10$  秒/个 = 18950 秒 = 316 分钟

可用工作时间

每勤时间：960 分钟  
停产时间：- 200 分钟  
= 760 分钟

可用切换时间 = 760 分钟 - 196 分钟 - 316 分钟 = 248 分钟

表 12.7

可用切换时间计算例 2

计划时间:日计划

产品 标号	产品名称	期间 需求	调整后生 产需求	生产时间	可用工 作时间	可用切 换时间		备注
P001		500	500	21				
P002		750	843	30				
P003		350	357	29				
P004		250	345	6				
P005		500	496	13				
P006		500	522	22				
P007		1200	1543	45				
P008		1000	1066	102				
P009		900	998	37				
P010		100	100	8				

可用工作时间
每勤时间:480 分钟
停产时间:-120 分钟
= 360 分钟

生产时间
313 分钟

可用切换时间 = 360 分钟 - 313 分钟 = 47 分钟

## 5. 第五步: 计算切换需要的时间

计算例题:

沿用第 11 章的调查表, 调查切换需要的时间。

表 12.8

计划时间:日计划 (注塑机)

产品 标号	产品名称	日需求	本流程 合格率	下流程 合格率	系统 合格率	生产能 力(秒)	切换时 间(分)	最小转 移批量
A	O 注塑件	1000			97%	8	40	400
B	P 注塑件	1200			97%	10	50	600

切换时间:90 分钟

在本例中, 以每种产品切换一次为例:

$$\begin{aligned}\text{切换需要的时间} &= 40 (\text{分钟}) + 50 (\text{分钟}) \\ &= 90 (\text{分钟})\end{aligned}$$

因此, 切换需要的时间是 90 分钟。

## 6. 第六步: 计算补充周期

目标流程的每种产品, 每隔一段时间进行一次补货生产, 这段时间间隔就是补充周期。补充周期的长短, 取决于生产切换的频率, 频率越高, 周期越短。而生产切换的频率, 取决于可以用来进行切换的时间和切换花费的时间。

计算公式如表 12.9 所示

表 12.9 补充周期计算公式

$$\text{补充周期} = \frac{\text{切换需要的时间}}{\text{可以用来进行切换的时间}}$$

例题:

已知:

- (1) 目标流程生产两种产品 A 和 B。
- (2) 生产 A 的切换时间是 40 分钟、生产 B 的切换时间是 50 分钟。
- (3) 每天的可用切换时间是 20 分钟。

求解: 补充周期应该是多长?

解:

$$\begin{aligned}\text{切换需要的时间} &= 40 (\text{分钟}) + 50 (\text{分钟}) \\ &= 90 (\text{分钟})\end{aligned}$$

$$\text{可用切换时间} = 20 (\text{分钟})$$

$$\text{补货周期} = \frac{\text{切换需要的时间}}{\text{可用切换时间}}$$

$$= \frac{90 (\text{分钟})}{20 (\text{分钟/天})}$$

## 第五节 计算缓冲库存量

缓冲库存的作用在于当供应流程组织生产时，消耗流程不至于因为断料而停产。计算缓冲库存时常常考虑如下三种情况：

- 成品周转库存量：顾客要求的每次交货数量。
- 在制品周转库存量：生产缓冲提前期（Production Buffer Lead Time）内的在制品数量。
- 原材料周转库存量：原料供应提前期（Supplier Lead Time）内的原材料数量。

计算周转库存就是考虑上述三个因素对于顾客交期满意度的影响。计算的基本原则就是保有刚好满足交货的库存，既不能多，也不能少。

### 一、成品周转库存：顾客要求的每次交货数量

计算成品周转库存量，首先要考虑的就是顾客对交货的要求。满足顾客需求是计算周转库存量的第一目标，因此，周转库存量必须保证顾客的需求能够得到满足。这一点在计算成品库存量时尤其要注意，因为相对于在制品库存来说，成品库存所服务的外部顾客更加重要。

如果顾客要求的每次交货数量是 500 个，那么我们至少就要准备 500 个周转库存。同时，综合考虑交通运输费用，尽可能地采取小批量送货的方法来减少库存。

如果确定要保留成品库存的话，将有助于在安排在制品周转库存和原材料周转库存时采取比较激进的库存策略。



## 二、在制品周转库存：生产缓冲提前期内的在制品数量

供货流程在接到顾客流程的生产指示后，无法立即供货，需要经过换模、加工、运输等等一系列工作才能供货。这段时间内，顾客流程的生产还要继续，因此，必须保持恰当的库存量以应对上述系列工作所花费的时间。

这一系列时间一般包括：

- 换模时间；
- 加工最小运输批量的时间；
- 运输时间；
- 安全时间。

我们把所有这些时间的总和称为：缓冲提前期（Production Buffer Lead Time）。

例题：

已知：

- 注塑车间的产品切换时间：12 分钟；
- 加工批量：5000 个；
- 最小运输批量：500 个；
- 生产速度：1 分钟一个；
- 运输时间：20 分钟。

估计以上数据的偏差是正负 18 分钟。

求解：

应准备多长时间的周转库存？

解：

$$\begin{aligned}
 \text{生产缓冲提前期} &= \text{安全时间} + \text{换模时间} + \text{加工最小运输批量时间} \\
 &\quad + \text{运输时间} \\
 &= 18 \text{ (分钟)} + 12 \text{ (分钟)} + 500 \text{ (分钟)} + 20 \text{ (分钟)} \\
 &= 550 \text{ (分钟)}
 \end{aligned}$$

答：应准备 550 分钟的周转库存。

注意：就加工最小运输时间来说，我们取用 500 个、500 分钟，而不是 5000 个、5000 分钟。这是因为，我们没有必要非等到 5000 个全部生产完毕才开始运输，例题中已经给出了运输批量等于 500 个，因此只需要 500 分钟就够了。

## 三、原材料周转库存：原料供应提前期内的原材料数量

设置原材料周转库存时，需要考虑供应商的可靠性、质量合格率、运输时间。不要强迫供应商接受不准确的提前期要求，否则的话，我们设定的生产体系就会异常脆弱。尽可能创造双赢的局面，把我们的目标向供应商作出说明，一起进行改善，这才是问题解决之道。

为了实现零库存，我们常常鼓励多频次送货，这有可能反过来增加运输成本。但不要以为这是一个典型的运筹问题，不要简单地计算最佳频率。要知道，零库存不只是库存持有成本变小，更能使生产周期缩短，零库存是未来发展的方向。因此，努力把运输成本降低吧！

## 第六节 计算看板数量

前面已经说过，在看板拉动生产方式下，物料的最小的单位是“箱”，每一个物料箱对应着一张看板。我们已经知道了如何计算拉动生产所需的生产批量以及最大库存量。接下来就是如何计算看板量。下面举例来说明看板数量的意义。

已知某流程：

- 经计算得出，最大库存量是 2500 个；
- 每个物料箱的容量是 50 个，每个物料箱对应一张看板。

求解：需要多少张看板？

$$\begin{aligned}\text{看板数量} &= \frac{\text{物料数量}}{\text{物料箱容量}} \\ &= \frac{2500 \text{ (个)}}{50 \text{ (个/张)}} \\ &= 50 \text{ (张)}\end{aligned}$$

答：需要 50 张看板。

## 第七节 看板计算的案例

下面以一个完整案例来说明看板数量的计算步骤。

### 1. 第一步：收集注塑机数据

2.10

时间：日计划 (注塑机)

产品标号	产品名称	日需求	本流程合格率	下流程合格率	系统合格率	生产能力(秒)	切换时间(分)	最小转移批量
1	O 注塑件	2400			97%	6	40	400
2	P 注塑件	3800			97%	7	50	600

切换时间总：90 分钟

说明如下：

- 日需求：指客户对于注塑机的产品需求。本例中，P001 的日需求为 2400 个。
- 系统合格率：体现在最终客户的合格率。本例中，P001 的系统合格率为 97%，意味着注塑机每生产 1400 个 P001 注塑件，送到顾客手

- 生产能力：注塑机每注塑一个产品所需要的时间。本例中，注塑机生产 P001 的能力是 6 秒钟一个。
- 切换时间：由一种产品切换生产另一种产品花费的停机时间。本例中注塑机切换生产 P001 所需的时间是 40 分钟。
- 最小转移批量：“转移批量”与“生产批量”是截然不同的概念。本例中，注塑机每生产一次，可能要一批生产 4000 个，但是，没有必要等 4000 个全部生产结束才把产品发送给客户，也许每 400 个就可以发货了。这里，生产批量是 4000，而转移批量是 400。

### 2. 第二步：计算可用切换时间

表 12.11

计划时间：日计划

产品标号	产品名称	日需求	系统合格率	调整后日需求	生产能力 Cycle Time	生产时间(分)	可用工作时间	可用切换时间
P001	O 注塑件	2400	95%	2526	6	253		
P002	P 注塑件	3800	95%	4000	7	467		

$$2400 \div 95\%$$

$$3800 \div 95\%$$

生产时间

P001 2526 个×8 秒/个=20208 秒=336.8 分钟  
P002 4000 个×10 秒/个=40000 秒=666.7 分钟

可用工作时间

每勤时间：960 分钟  
停产时间：- 200 分钟  
= 760 分钟

$$\text{可用切换时间} = 760 \text{ 分钟} - 253 \text{ 分钟} - 467 \text{ 分钟} = 40 \text{ 分钟}$$

说明如下：

- 调整后日需求量：这一项是对“日需求”的调整，在这里考虑了产品合格率。

产时间  
40 分钟。

表

补充周期	调整后 日需求	生产批量
	2526	5684
	4000	9000

$4000 \div 2.25$

2.25

们记录上一步计算得出的结

切换时间，并合计，得出每种  
切换时间合计是 90 分钟。（注  
P002，在这种情况下，切换

至此，我们就得出了注塑机的理想生产计划，如表 12.13 所示。

表 12.13

切换 生产 A 40 分钟	生产 5684 个 零件 P001 568.4 分钟	切换 生产 B 50 分钟	生产 9000 个 零件 P002 1050 分钟	停产 200 分钟
---------------------	----------------------------------	---------------------	---------------------------------	--------------

#### 4. 第四步：计算在制品缓冲库存

表 12.14

缓冲库存计算表

计划时间：日计划

产品 标号	产品名称	生产 能力 Cycle Time	生产 批量/ 转移 批量	最小运 输批 量加 工时间	切 换 时间	运 输 时间	安 全 时间	缓 冲 时间	调 整 后 日 需求	每 日 工 作 时 间 (分钟)	调 整 后 每 分 钟 需求	缓 冲 库 存
P001	O 注塑件	6	400	40	40	30	180	290	2526	480	5.26	1526
P002	P 注塑件	7	600	70	50	30	180	330	4000	480	8.33	2750

$70 + 50 + 30 + 180 = 3$

$4000 \div 480$

$330 \times 8.33$

最小运输批量加工时间

P001 400 个×6 秒/个=2400 秒=40 分钟  
P002 600 个×7 秒/个=4200 秒=70 分钟

说明如下：

• 最小运输批量加工时间：转移的批量没有必要和生产批量一致。本例中，P001 的运输批量为 400 个，而生产这 400 个的时间为 40 分钟。

• 缓冲时间：缓冲库存的时间表达法。

缓冲时间 = 安全时间 + 切换时间 + 加工最小运输批量时间 + 运输时间

本例中，P001 的缓冲时间为 290 分钟。

• 缓冲库存：库存的数量表达法。我们可以说“3 天的库存”，也可以说：“1500 个库存”，二者可以互相转化。

缓冲库存（数量）= 缓冲库存（时间）× 调整后每分钟需求

在本例中，P001 的缓冲库存是 1526 个，P002 的缓冲库存是 2570 个。

## 5. 第五步：计算看板数量

表 12.15

看板计算表

计划时间：日计划

产品 标号	产品名称	生产批量	缓冲库存	托盘容量	生产开始点 Kanban	最大库存 Kanban
P001	O 注塑件	5684	1526	800	8	10
P002	P 注塑件	9000	2750	800	12	15

$$5684 \div 800 = 7.11$$

$$(9000 + 2750) \div 800 = 14.69$$

说明如下：

• 托盘容量：我们用托盘或者其他容器存放在制品库存。为了便于管理，我们对托盘的容器做出规定。本例中，P001 产品的托盘容量为 800 个。

• 生产开始点：生产开始点的含义为，当客户流程消耗完 8 个托盘的在制品后，供应流程（注塑机）开始生产。由此可知，生产开始点看板数等于生产批量看板数。

生产开始点 = 生产批量 ÷ 托盘容量

在本例中，P001 的生产开始点是 7.11 个托盘。但是为了保证物流管理的精度，每个托盘必须为整数，因此，在这里我们向上圆整为 8 个托盘。

• 最大库存数量：

最大库存 = 生产批量 + 周转库存

最大库存数量以看板的形式表达。在本例中，P001 的生产开始点看板数为 8 张看板，最大库存看板数为 10 张；P002 的生产开始点看板数为 12 张，最大库存看板数为 15 张。

## 第八节 复核数据

计算到此结束了，接下来需要复核计算的结果，评估其准确性。把计算的结果和生产现状作一个比较，如果结果看起来很不可思议，那就有必要回头审视计算的过程是否有差错了。

当我们复核数据时，思考下列问题：

- 计算出来的数量和公司当前的流程相符吗？
- 库存有所下降吗？

如果你的回答是否定的，那就要当心了，十有八九出错了。

计算过程中造成错误的常见因素有：

- 托盘容量太大，频繁地向上圆整托盘数量，造成库存上升；
- 错误的生产数据——生产需求、系统合格率、停机时间、切换时间；
- 错误的缓冲库存假设；
- 错误的生产能力假设。

### 一、托盘容量

谈到托盘容量这一问题，我们要力图避免容量设计过大。

为了物料控制的方便与准确，我们避免出现“0.93 个托盘”、

# Lean-production Tool Kits

## 精益生产实战手册

### ——单元生产与拉动看板

孙亚彬·著

★ 高风险、低利润时代的生产方式——

在必要的时间，按照必要的数量，生产必要的产品。

海天出版社

 立正管理书系

## **Lean-production Tool Kits**

★ 高风险、低利润时代的生产方式——  
在必要的时间，按照必要的数量，生产必要的产品。

## **Lean-production Tool Kits**

# **精益生产实战手册**

## **——单元生产与拉动看板**

孙亚彬·著

海天出版社

 立正管理书系

## **Lean-production Tool Kits**

★ 高风险、低利润时代的生产方式——  
在必要的时间，按照必要的数量，生产必要的产品。

# **Lean-production Tool Kits**

## **精益生产实战手册**

### **——单元生产与拉动看板**

孙亚彬·著

海天出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

精益生产实战手册:单元生产与拉动看板/孙亚  
彬著. —深圳:海天出版社, 2006  
(立正管理书系)  
ISBN 7-80697-703-1

I.精… II.孙… III.企业管理:生产管理—  
手册 IV.F273-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第000512号

海天出版社出版发行

(深圳市彩田南路海天大厦 518033)

<http://www.htph.com>

责任编辑:来小乔(0755-83460863 xiaoqlf@163.com)

封面设计:海天龙 责任技编:何丽霞

深圳市海天龙广告有限公司制作输出 Tel:83461000

深圳市金星印刷有限公司印刷 海天出版社经销

2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

开本:787×1092mm 1/16 印张:18.75

字数:200千 印数:1-8000册

定价:28.00元

海天版图书版权所有,侵权必究。

海天版图书凡有印装质量问题,请随时向承印厂调换。

## 目 录

第一章 精益生产概述 .....	1
第一节 什么是精益生产 .....	2
一、精益生产的原型——丰田生产方式 .....	3
二、精益生产的诞生 .....	4
三、精益生产在中国内地的传播 .....	5
第二节 精益生产的目标和实现目标的工具 .....	7
一、精益生产的目标 .....	7
二、精益生产的工具 .....	7
第三节 精益生产的实施步骤 .....	10
一、实施步骤 .....	10
二、工具的使用步骤 .....	13
第二章 识别浪费 .....	14
第一节 什么是价值 .....	16
第二节 什么是浪费 .....	17
一、浪费的定义 .....	17
二、及时生产 .....	17
第三节 七种浪费 .....	18
一、等待的浪费 .....	19
二、搬运的浪费 .....	20
三、不合格品的浪费 .....	20
四、动作的浪费 .....	21



## 图书在版编目(CIP)数据

精益生产实战手册：单元生产与拉动看板/孙亚  
彬著. —深圳：海天出版社，2006  
(立正管理书系)  
ISBN 7-80697-703-1

I.精… II.孙… III.企业管理：生产管理—  
手册 IV.F273-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第000512号

海天出版社出版发行

(深圳市彩田南路海天大厦 518033)

<http://www.htph.com>

责任编辑：来小乔(0755-83460863 xiaoqlf@163.com)

封面设计：海天龙 责任技编：何丽霞

深圳市海天龙广告有限公司制作输出 Tel:83461000

深圳市金星印刷有限公司印刷 海天出版社经销

2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

开本：787×1092mm 1/16 印张：18.75

字数：200千 印数：1-8000册

定价：28.00元

海天版图书版权所有，侵权必究。

海天版图书凡有印装质量问题，请随时向承印厂调换。

## 目 录

第一章 精益生产概述 .....	1
第一节 什么是精益生产 .....	2
一、精益生产的原型——丰田生产方式 .....	3
二、精益生产的诞生 .....	4
三、精益生产在中国内地的传播 .....	5
第二节 精益生产的目标和实现目标的工具 .....	7
一、精益生产的目标 .....	7
二、精益生产的工具 .....	7
第三节 精益生产的实施步骤 .....	10
一、实施步骤 .....	10
二、工具的使用步骤 .....	13
第二章 识别浪费 .....	14
第一节 什么是价值 .....	16
第二节 什么是浪费 .....	17
一、浪费的定义 .....	17
二、及时生产 .....	17
第三节 七种浪费 .....	18
一、等待的浪费 .....	19
二、搬运的浪费 .....	20
三、不合格品的浪费 .....	20
四、动作的浪费 .....	21

解:

$$\begin{aligned}\text{看板数量} &= \frac{\text{物料数量}}{\text{物料箱容量}} \\ &= \frac{2500 \text{ (个)}}{50 \text{ (个/张)}} \\ &= 50 \text{ (张)}\end{aligned}$$

答: 需要 50 张看板。

## 第七节 看板计算的案例

下面以一个完整案例来说明看板数量的计算步骤。

### 1. 第一步: 收集注塑机数据

表 12.10

计划时间: 日计划 (注塑机)

产品 标号	产品名称	日需求	本流程 合格率	下流程 合格率	系统 合格率	生产能 力(秒)	切换时 间(分)	最小转 移批量
P001	O 注塑件	2400			97%	6	40	400
P002	P 注塑件	3800			97%	7	50	600

切换时间总: 90 分钟

说明如下:

- 日需求: 指客户对于注塑机的产品需求。本例中, P001 的日需求是 2400 个。

- 系统合格率: 体现在最终客户的合格率。本例中, P001 的系统合格率为 97%, 意味着注塑机每生产 1400 个 P001 注塑件, 送到顾客手

里只有 1330 个是合格可用的。

- 生产能力: 注塑机每注塑一个产品所需要的时间。本例中, 注塑机生产 P001 的能力是 6 秒钟一个。

- 切换时间: 由一种产品切换生产另一种产品花费的停机时间。本例中注塑机切换生产 P001 所需的时间是 40 分钟。

- 最小转移批量: “转移批量”与“生产批量”是截然不同的概念。本例中, 注塑机每生产一次, 可能要一批生产 4000 个, 但是, 没有必要等 4000 个全部生产结束才把产品发送给客户, 也许每 400 个就可以发货了。这里, 生产批量是 4000, 而转移批量是 400。

### 2. 第二步: 计算可用切换时间

表 12.11

计划时间: 日计划

产品 标号	产品名称	日需求	系统 合格率	调整后 日需求	生产能力 Cycle Time	生产时 间(分)	可用工 作时间	可用切 换时间
P001	O 注塑件	2400	95%	2526	6	253		
P002	P 注塑件	3800	95%	4000	7	467		

$$2400 \div 95\%$$

$$3800 \div 95\%$$

生产时间

P001 2526 个 × 8 秒/个 = 20208 秒 = 336.8 分钟  
P002 4000 个 × 10 秒/个 = 40000 秒 = 666.7 分钟

可用工作时间

每勤时间: 960 分钟  
停产时间: - 200 分钟  
= 760 分钟

可用切换时间 = 760 分钟 - 253 分钟 - 467 分钟 = 40 分钟

说明如下:

- 调整后日需求量: 这一项是对“日需求”的调整, 在这里考虑了产品合格率。

“1.87 个托盘”这样的数据出现。因此，我们把这种结果进行向上圆整，也就是以“1 个托盘”、“2 个托盘”这样的数据来代替非整数的结果。

这就带来了新的问题：向上圆整的结果会带来库存的增加。也就是说，由于“向上圆整”的作用，实际库存量会大于理论库存量。通常，我们用缩小托盘容量的办法来缓解这一问题。具体解决办法有两个：

- 一是用容量更小的托盘；
- 二是托盘不变，但是出台规定，要求每个托盘的容量降低。

## 二、错误的生产数据

错误的生产数据必将在计算生产必需时间时，得出过长或者过短的错误计算结果。检查一下，生产计划和预测是否准确？有没有使用了过期的数据？数据本身是不是被人为地篡改了？复核一下合格率数据是否准确？合格率数据是否过期？是否错用一种产品的合格率代替了所有产品的合格率？

接下来，复核停机时间数据：你使用的是真实数据还是估测的数据？停机时间会影响到切换可用时间的计算，对补充周期的计算产生影响。而补充周期计算不准确的话，生产能力会变成一个大问题。

同样的问题适用于切换时间的数据。你使用的是真实数据还是评估数据？是不是用一种产品的切换时间数据代替了所有产品的切换时间数据？要时刻提醒自己，切换时间制定得越长，补充周期则越长，这也就意味着库存量越大。

## 三、错误的周转库存数据

接下来我们对周转库存数据进行评估。评估的切入点是如下问题：

- 制定这样的周转库存量，是经过计算的还是所谓的经验值？
- 你确信这么大的周转库存量真的是必要的吗？

对周转库存的研究往往需要注意来自生产线的压力——他们已经习惯于把大量的物料放置在生产线旁。

## 第九节 看板计算的简易方法

另一种不必收集大量信息就能得出看板数量的方法，就是不改变现状，用现状的基本库存数据作为看板运行的数据。这种方法不会带来库存的降低，但是它的优点在于可以快速地实施看板。主要优点包括：

- 由于我们保持现状不变，因此减少了数据收集和实施需要的时间；
- 由于现有计划方法下现场运作没有什么问题，那么我们取用现有方法实施看板系统，就不必担心会有负面的影响。

## 第十节 供应商看板

当我们希望把看板方法引入供应商管理的时候，有必要评估供应商的服务能力。这种评估包括：发货周期、运输时间、品质状况、可靠性、以及作为客户的我们的自身的需求波动。

不要强迫供应商接受我们的看板实施计划，否则的话实施过程会变成一场灾难。我们应该和供应商一起工作，共同制定切实可行的行动计划。如果在实施过程中发现供应商存在不合作现象，那么首先就要分析这种不合作是否可以通过传授看板知识的方式来解决。反过来讲，如果这种反抗是不合理的，那么，考虑更换供应商吧。

供应商看板数量参数，是补充周期和缓冲库存。

实施供应商看板时，要看清交货周期。这个交货周期就是供应商的补充周期。举例来说，如果每个星期供货一次的话，那么补充周期就是一周。很显然，为了缩短交货期，就需要综合考虑成本，与供应商协商解决多频次送货问题。再次强调，要协商，不要强迫供应商接受。缩短补充周期，意味着多频次送货。不要忘记考虑运输成本。如果运输费用出现了