

高职高专规划教材

现代 生产现场管理

张平亮 编著

XIANDAI
SHENGCHAN XIANCHANG GUANLI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件

高职高专规划教材

现代生产现场管理

张平亮 编著



机械工业出版社

本书力图覆盖生产现场管理人员所面临的最新和最重要的一些问题,同时介绍了相关的基本管理方法和管理工具;另外,书中还提供了很多公司的具体做法和成功实践。全书共分十章,内容包括生产运作与流程管理、现场管理、生产运作计划管理、现场制造效率管理、库存管理与 MRP、准时生产与精益生产管理、现场质量管理、设备管理与维护、现场安全管理、环境管理体系标准(ISO14000)和清洁生产管理。每章末均附有思考与习题,便于学生加强理解及进行练习。

本书可作为高职高专院校(应用型本科)工商管理类专业、工科类专业的专业基础课教材,也可作为管理类专业人员的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代生产现场管理/张平亮编著. —北京:机械工业出版社, 2009. 8

高职高专规划教材

ISBN 978-7-111-27165-9

I. 现... II. 张... III. 企业管理:生产管理 IV. F273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 128461 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:孔文梅 责任编辑:孙 聪

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张 381 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27165-9

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线:(010)68326294

编辑热线:(010)88379757

本社服务热线:(010)68311609

本社服务邮箱:marketing@mail.machineinfo.gov.cn

投稿热线:(010)88379757

投稿邮箱:sbs@mail.machineinfo.gov.cn

封面无防伪标均为盗版

前 言

生产现场管理是制造型企业生存和发展的重要基础。企业的管理水平和经济效益很大程度上取决于生产现场管理的水平。搞好生产现场管理是许多企业管理者的愿望和不断追求的目标。

未来企业的生存力在一定程度上将取决于企业经营时现场问题的解决力和改善力。加强生产现场管理,持续改善是核心。改善是一门技术,现场改善不但需要管理,同时也需要技术,需要掌握正确的管理思路、有效的管理方法和科学的管理工具,从根本上解决问题。

为了适应我国高等职业技术教育发展及应用型技术人才培养的需要,作者通过多年来对无锡国家级高新技术产业开发区数十家企业的多次调研,结合自己多年的理论教学经验和在外资企业十多年实践的经验,编写了这本教材。作者选择生产管理中最重要、直接影响企业产量、质量、成本、安全的生产运作与流程管理、现场管理(5S 管理、定置管理、目视管理)、现场制造效率管理、精益生产管理、现场质量管理、设备管理与维护、安全生产管理等作为教学内容,这些内容在生产管理上有很强的适用性和针对性。在编写时,本书还力图理论与实践融合,以培养学生掌握生产管理的实用技能为主线,贯穿相关的知识点,侧重点不是理论的阐述,而是突出应用技能的说明,力图覆盖生产现场管理人员所面临的最新和最重要的一些问题,同时介绍相关的基本管理方法和管理工具。书中提供了很多公司的一些具体做法和成功实践案例。

本教材具有下列特色:

(1) 本教材针对职业教育特点,系统全面地、深入浅出地介绍了生产现场管理方面的有关管理理论、管理方法、改善工具和实践中的做法,从框架设计到内容分析,既吸取了国内外的研究成果,又立足创新;既吸取了生产现场管理理论和方法,又立足生产现场管理的实际应用,使高职高专院校学生可以利用生产现场管理方法解决生产现场的实际问题。

(2) 本教材内容紧随技术、经济发展变化以及高新技术开发区区域经济的需求。在保证理论知识达到教学要求的基础上,把重点放在概念、方法和结论的实际应用上。

(3) 本教材编写以实际生产现场管理为基础,既注重理论与方法的系统介绍,又穿插了单一、综合的应用实例。书中充分运用数字、照片、图示和表格来描述具体的现实案例,以案例带出管理方法和改善工具,以例题来解释一些难点及方法的应用。每章末均设有思考与练习题,既可供教师根据实际情况选用,又可对学生课程考试和职业资格考核有所帮助。

本书既可作为高职高专院校管理类专业学生的专业课教材,也可作为工程类专业人员进行管理培训的教材或参考书,还可以用于班组管理培训和班组长培训。

本教材在编写过程中，参考了国内专家的一些研究成果和文献资料、书籍，得到了学院领导、老师和家人的关心和大力支持，同时得到了机械工业出版社有关编辑的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！本书引用了许多国内外文献资料，在此谨向有关作者致以深切的谢意！

为方便教学，本书配备了电子课件等教学资源。凡选用本为作为教材的教师均可索取，请发送邮件至 cmpgaozhi@sina.com，咨询电话：010-88379375。

因编者水平及时间所限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者



前言

第1章 生产运作与流程管理	1
1.1 生产运作管理	1
1.2 生产流程管理	3
本章小结	13
思考与练习题	14
第2章 现场管理	16
2.1 现场管理概述	16
2.2 定置管理	17
2.3 现场 5S 管理	20
2.4 目视管理	33
2.5 现场作业标准管理	39
本章小结	41
思考与练习题	42
第3章 生产运作计划管理	44
3.1 生产运作计划体系	44
3.2 生产作业排序	51
本章小结	53
思考与练习题	53
第4章 现场制造效率管理	55
4.1 工业工程 (IE) 方法	55
4.2 生产能力及效率衡量	57
4.3 生产线平衡分析及瓶颈改善	63
4.4 动作改善方法	70
4.5 切换效率改善	78
4.6 现场物流管理	84
本章小结	89
思考与练习题	89
第5章 库存管理与 MRP	91
5.1 库存管理概述	91

5.2 库存 ABC 管理	92
5.3 库存控制系统及其模型	94
5.4 MRP、MRP II 和 ERP	99
本章小结	110
思考与练习题	111
第6章 准时生产与精益生产管理	115
6.1 准时生产 (JIT)	115
6.2 精益生产	124
本章小结	131
思考与练习题	131
第7章 现场质量管理	134
7.1 质量管理的发展简史、现状及其 重要意义	134
7.2 QC 的基本方法	135
7.3 ISO9000 质量管理体系	157
7.4 6 σ 管理	165
本章小结	177
思考与练习题	177
第8章 设备管理与维护	181
8.1 设备管理	181
8.2 全员生产维护管理 (TPM)	191
本章小结	201
思考与练习题	201
第9章 现场安全管理	203
9.1 安全的含义与目的	203
9.2 安全生产的基本知识	203
9.3 预见性安全管理	206
9.4 推进现场安全的步骤与技巧	210
9.5 现场安全改善	212



本章小结	219	10.2 清洁生产管理	227
思考与练习题	220	本章小结	239
第 10 章 环境管理体系标准 (ISO14000)		思考与练习题	239
和清洁生产管理	222	参考文献	241
10.1 环境管理体系标准 (ISO14000)	222		

第 1 章 生产运作与流程管理

学 习 目 标



- 了解生产运作管理的历史发展和现代生产与作业管理的基本问题
- 理解生产流程管理和生产流程分类
- 分析影响生产流程设计的主要因素和产品—流程矩阵
- 掌握生产流程设计、选择方法
- 掌握流程分析的 6 步分析方法

1.1 生产运作管理

1.1.1 生产运作管理的历史发展

1913 年,亨利·福特在自己的汽车工厂内,安装了第一条汽车组装流水线。由于采用专业化分工和流水作业,使生产率大幅度提高,同时结合零部件的标准化,使生产成本大幅度降低。福特首创的流水线生产方式,代表了一种大批量的、经济规模的生产方式,至今,仍以其高工业效率、标准化和在制品库存低的优点,被广泛应用于汽车工业、电子工业和家用电器工业等,并对那些多品种、小批量生产的企业试图通过采用成组技术、柔性制造单元,使多品种小批量的制造车间,接近流水作业生产方式的效率和性能。

同样,作为科学管理运动的创始人,在宣传和推行科学管理方面,F. 吉尔布雷斯夫妇起了重要作用。其中弗兰克·吉尔布雷斯扩大了对动作和疲劳的研究,首创了解析动作研究。他提出的“合并、简化和取消”的分析思路,至今仍然是十分有效的作业管理分析方法。

进入 20 世纪 50 年代,美国管理专家 W. E. 戴明和 J. M. 朱兰把统计质量控制技术和工人参与质量管理改进的思想传播到日本。日本企业经过 20 世纪六七十年代的实践,并与日本的文化相结合,创造出全面质量管理(TQC)体系,从而为日本企业在国际竞争中的获胜奠定了坚实的基础。

20 世纪 70 年代,计算机技术的发展和计算机的小型化、微型化,使得计算机开始大量进入生产过程。开始是在设计领域和制造领域得到应用,随后被应用于生产与作业管理。为了对生产管理进行科学的分类和规范化的研究,物料需求计划(Material Requirements Planning, MRP)被提出来,并很快发展成计算机应用软件。MRP 是将主生产作业计划、材料计划、库存管理、能力需求计划、作业计划和生产控制联结成一个系统,通过合理地确定

加工批量和生产提前期,使得在确保交货期的前提下,库存水平和生产成本尽可能地降低。同样在 20 世纪 70 年代,日本丰田汽车公司首创了准时生产方式(Just-In-Time, JIT)。JIT 的管理目的是最大限度地消除浪费,在作业控制上创造出“看板”管理方式,省去传统的作业指令,使在制品库存接近“零水平”。

生产运作管理的历史发展可以从两个角度来阐述。

(1) 按照阶段特点的不同,可以将运作管理划分为 4 个阶段,如表 1-1 所示。

(2) 按时间顺序,可以将生产运作管理从 20 世纪开始到现在的历史发展总结如表 1-2 所示。

表 1-1 运作管理经历的阶段

阶 段	市 场 环 境	主 要 问 题	主 要 技 术	出 现 时 间
规模经济	供不应求	解决高效率生产的问题	科学管理 大量生产	20 世纪 70 年代以前
范围经济	需求出现结构性饱和	追求多品种、低成本	自动化 电子化 柔性化	20 世纪 70 年代初到 80 年代中期
速度经济	市场饱和,产品生命周期短	解决多元化生产以及及时满足需求的问题	信息技术 JIT(准时生产)	20 世纪 80 年代中期到 20 世纪 90 年代中前期
合作经济	市场需求多样化,供大于求,环保意识增强	解决个性化生产以及信息共享的问题	知识化、网络化 敏捷生产 电子商务 虚拟企业	20 世纪 90 年代后期

表 1-2 生产运作管理的历史发展

年 代	理 论	技 术	创 始 人
20 世纪 10~20 年代	科学管理原理 工业心理学(研究疲劳对工作效率的影响) 大量生产原理(提高生产率) 经济批量模型	时间研究与工作研究 动作研究 流水生产线(运作管理的里程碑) 订货管理的经济订货点(EOQ)、 订货的间隔期和订货量	泰勒(美) 吉尔布雷斯夫妇 亨利·福特 F. W. 哈里斯
20 世纪 30 年代	质量管理(主要针对质量的事后控制,检查产品合格率等) 霍桑实验	抽样检查和统计表 工作活动的抽样分析	罗米格 梅奥
20 世纪 40 年代	运筹学(主要用于解决军事问题,起源并发展于美国)	线性规划的单纯型法	运筹学研究小组和 Danzig
20 世纪 50~60 年代	运筹学进一步的发展(定量分析进一步发展) 自动化	仿真排队理论 决策理论 PERT(计划评审技术) CPM(关键路径法)	
20 世纪 70 年代	现代生产管理信息系统 大量生产原理(服务业) 制造战略	库存控制、预测、车间计划、 项目管理、MRP 服务部门的大规模生产 作为竞争武器的制造	美国生产零库存协会 麦当劳
20 世纪 80 年代	JIT CIMS(计算机集成制造系统) 约束理论	看板管理 计算机集成制造 瓶颈分析和约束的优化技术	哈佛商学院的教师威廉·阿伯耐西、吉姆·克拉克等 日本丰田公司的大野耐一 美国的工程师组织 高德拉特
20 世纪 90 年代	全面质量管理(在 20 世纪 90 年代被认同) 企业流程再造(BPR) 电子企业 供应链管理	ISO9000, 价值工程 基本变化图 互联网、局域网 开发出许多软件	首先在日本推行,之后是美国的 质量协会及国际标准化组织 哈默和钱皮 美国政府及微软公司 SAP(德), Oracle(美)
21 世纪初	电子商务 整合 柔性(进一步发展)	互联网 FMS(柔性制造单元)	亚马逊、ebay、yahoo 奔驰和克莱斯特 Hayes, Wheelwright, Collins, Schemmner



1.1.2 生产运作管理的基本问题

生产运作管理是为了严格按顾客要求的质量、品种、交货期制造产品，而充分利用企业资源合理组织生产活动的管理过程。那么现代生产与作业管理的基本问题就在于始终要提高质量、降低成本和缩短交货期，以及稳定地生产出无缺陷的产品。

重视生产运作管理，提高生产率，是降低成本的关键，也是增强企业竞争力的基础。提高生产率可以是产出不变、投入减少，即采取节约的途径；也可以是投入不变、产出增加，即采取增产的途径；还可以是合理地增加投入使产出更大幅度地增加，这通常是更有效地提高生产率的途径。

降低库存水平是现代生产与作业管理面临的另一个严峻挑战，包括降低原材料库存、产成品库存，特别是在制品库存水平。大量的在制品库存不仅占用大量资金和占据大量生产面积，而且会形成库存损失以及因设计和工程改动的大量报废。故以降低在制品库存为目标，将会带动整个生产与作业管理的合理化。

在现代市场竞争中，交货期同质量和价格这三个因素是订货成交的决定因素。企业即使能够以顾客希望的价格，但却不能按顾客希望的交货期提供他们需要的产品，那么顾客就不会向企业订购这种产品。更进一步说，如果把质量看作销售的先决条件，那么交货期则是比价格更重要的决定条件。

产品质量取决于多种因素，从生产与作业管理角度看，产品质量的稳定主要取决于生产与作业过程的稳定。作业计划经常变更，设备经常出现故障，操作工人经常缺勤，作业活动缺少程序和标准，都是造成产品质量不稳定的原因。

1.2 生产流程管理

生产流程是使用资源（劳动力和资金），将投入原材料转换为产出（产成品）的一个过程。由于环境是在不断变化的，市场、技术、竞争条件都在不断变化，因此生产流程也需要不断地加以改进，以适应新的要求。

1.2.1 生产流程分类

根据生产类型的不同，生产流程有三种基本类型：按产品进行的生产流程、按加工路线进行的生产流程和按项目组织的生产流程。

1. 按产品进行的生产流程

按产品进行的生产流程就是以产品为对象，按照生产产品的生产要求，组织相应的生产设备或设施，形成流水般的连续生产，有时又称为流水线（Flow Line）生产。例如离散型制造业企业的汽车装配线、电视机装配线等就是典型的流水式生产。连续型企业的生产一般都是按产品组织的生产流程。由于是以产品为对象组织的生产流程，国内又叫对象专业化形式。这种形式适用于大批量生产类型。

2. 按加工路线进行的生产流程

对于多品种生产情况，每一种产品的工艺路线都可能不同，因而不能像流水作业那样以产

品为对象组织生产流程,只能以所要完成的加工工艺内容为依据来构成生产流程,而不管是何种产品。设备与人力按工艺内容组织成一个生产单位,每一个生产单位只完成相同或相似工艺内容的加工任务,国内称之为工艺专业化形式。这种形式适用于多品种中小批量或单件生产类型。

3. 按项目组织的生产流程

项目组织的生产与一般性产品生产的区别在于项目组织的生产具有特定目标的一次性任务,如生产一件产品、盖一座大楼等,每一项任务都具有单件唯一性、多目标属性。生产工序或作业环节都按一定秩序依次进行。三种生产流程的特征比较如表 1-3 所示。

表 1-3 不同生产流程的特征比较

特征标记		对象专业化	工艺专业化	项目型
产品	订货类型	批量较大	成批生产	单件、单项定制
	产品流程	流水型	跳跃型	无
	产品变化程度	低	高	很高
	市场类型	大批量	顾客化生产	单一化生产
	产量	高	中等	单件生产
劳动者	技能要求	低	高	高
	任务类型	重复性	没有固定形式	没有固定形式
	工资	低	高	高
资本	投资	高	中等	低
	库存	低	高	中等
	设备	专用设备	通用设备	通用设备
目标	柔性	低	中等	高
	成本	低	变化更多	高
	质量	均匀一致	中等	变化更多
	按期交货程度	高	中等	低
计划与控制	生产控制	容易	困难	困难
	质量控制	容易	困难	困难
	库存控制	容易	困难	困难

1.2.2 生产流程选择决策

按不同生产流程构造的生产单位形式有不同的特点,企业应根据具体情况选择最为恰当的一种。在选择生产单位形式时,影响最大的是品种数的多少和每种产品产量的大小。图 1-1 给出了不同品种—产量水平下生产单位形式的选择方案。

一般而言,随着图中 A 点到 D 点的变化,单位产品成本和产品品种柔性都是不断增加的。在 A 点,对应的是单一品种的大量生产,在这种极端的情况下,采用高效自动化专用设备组成的流水线是最佳方案,它的生产效

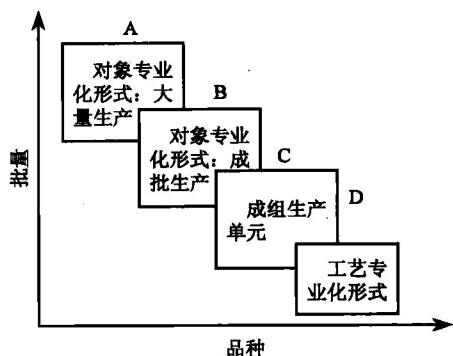


图 1-1 品种—产量变化与生产单位形式的关系



率最高、成本最低，但柔性最差。随着品种的增加及产量的下降（B点），采用对象专业化形式的成批生产比较适宜，品种可以在有限范围内变化，系统有一定的柔性，但操作上的难度较大。另一个极端是D点，它对应的是单件生产情况，采用工艺专业化形式较为合适。C点表示多品种中小批量生产，采用成组生产单元和工艺专业化混合形式较好。

1.2.3 生产流程管理概述

生产流程管理包括输入、生产流程设计、输出，如图1-2所示。

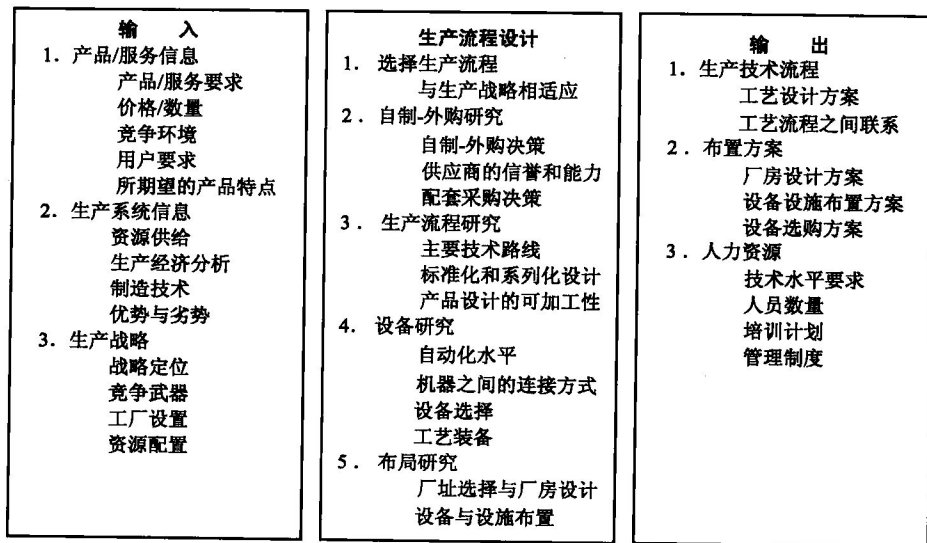


图1-2 生产流程管理的内容

投入要素是指一个生产流程为了生产产品所需的人力、物料、设备、能源等资源要素。为了在某一个流程得到一定量的产出，首先必须决定各种资源要素的数量，如多少人工、多少设备等。有些投入要素完全消耗于某些具体产品的产出，因此易于计算；而另外一些投入要素是由整个生产运作系统长期利用的，而不是由某几批产品消耗掉的，这就需要用到固定成本折旧的方法来计算。在有些情况下，用金额来表示这些投入的综合情况更有用，因为它有助于分析一个流程的投入产出比，即分析流程的生产率。

生产流程的设计与选择对于企业的运作管理来说是一个经常性的问题。在企业引入一项新产品以及企业的竞争重点和产品的需求量发生变化等情况下，企业都需要重新对生产运作流程进行设计与选择。因此，生产运作流程的设计与选择不是一项一次性的工作，而是随着企业所提供的产品和服务的变化、随着外部环境的变化不断地加以改进的工作。

一个流程的产出可以是两种形态：产品和服务。由于衡量产出的价值需要同时从其价格、质量以及时间等几个方面予以考虑，因此设计一个流程时也就必然从这几方面的综合优化去考虑。

1.2.4 影响生产流程设计的主要因素

影响生产流程设计的因素很多，其中最主要的是产品的构成特征，因为生产系统就是为生产产品而存在的，离开了用户对产品的需求，生产系统也就失去了存在的意义。

1. 产品需求性质

生产系统要有足够的能力满足用户的需求。首先要了解产品需求的特点,从需求的数量、品种、季节波动性等方面考虑对生产系统能力的影响,从而决定选择哪种类型的生产流程。有的生产流程具有生产批量大、成本低的特点,而有的生产流程具有适应品种变化快的特点,因此,生产流程设计首先要考虑产品特征。

2. 自制—外购决策

企业从产品成本、质量生产周期、生产能力和生产技术等几个方面综合考虑,通常要考虑构成产品所有零件的自制—外购问题。企业的生产流程主要受自制零件的影响。企业自己加工的零件种类越多,批量越大,对生产系统的能力和规模要求就越高。不仅企业的投资额高,而且生产准备周期长。因此,现代企业为了提高生产系统的响应能力,只抓关键零件的生产和整机产品的装配,而将大部分零件的生产外包。

3. 生产柔性

生产柔性是指生产系统对用户需求变化的响应速度。它是对生产系统适应市场变化能力的一种度量,一般从品种柔性和产量柔性两个方面来衡量。所谓品种柔性,是指生成系统从生产一种产品快速地转换为生产另一种产品的能力。在多品种中小批量生产的情况下,为了提高生产系统的品种柔性,生产设备应该具有较大的适应产品品种变化的加工范围。产量柔性是指生产系统快速增加或减少所生产产品产量的能力。在产品需求数量波动较大,或者产品不能依靠库存调节供需矛盾时,产量柔性起着特别重要的作用。在这种情况下,生产流程的设计必须考虑到具有快速且低廉地增加或减少产量的能力。

4. 产品质量水平

生产流程设计与产品质量水平有着密切关系。生产流程中的每一加工环节的设计都受到质量水平的约束,不同的质量水平决定了采用什么样的生产设备。

1.2.5 产品—流程矩阵

生产流程设计中的一个重要内容就是要使生产系统的组织与市场需求相适应。生产过程的成功、失败与生产过程组织有直接关系。有什么样的需求特征,就应该匹配什么样的生产过程。这就是产品—流程矩阵(Product—Processmatrix),如图1-3所示。

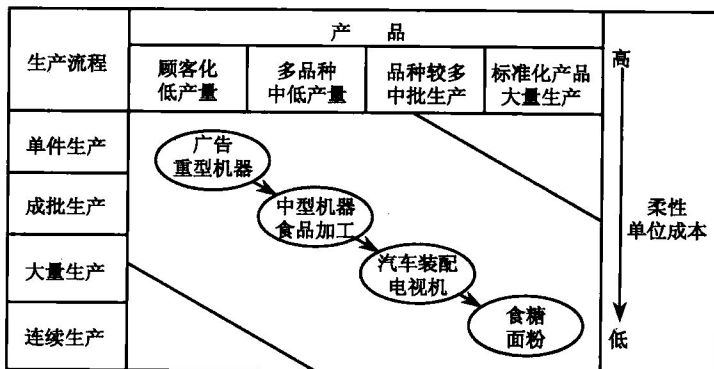


图 1-3 产品—流程矩阵



产品—流程矩阵最初由 Hayes 和 Wheel Wright 提出来, 后来得到了广泛应用。具体反映在: 其一, 根据产品结构性质, 沿对角线选择和配置生产流程, 可以达到最好的技术经济性, 换言之, 偏离对角线的产品结构—生产流程匹配战略, 不能获得最佳的效益。其二, 传统的根据市场需求变化仅仅调整产品结构的战略, 往往不能达到预期目标, 因为它忽视了同步调整生产流程的重要性。因此, 产品—生产流程矩阵可以帮助管理人员选择生产流程, 对制订企业的生产战略有一定的辅助作用。

1.2.6 流程分析与设计

对一个生产运作系统进行分析的最好方法是描绘流程图。

1. 流程图的描绘

所谓流程图就是以图形的方式来描绘流程, 它能帮助我们组织在流程改善项目中收集到的信息。为了充分理解流程的具体细节, 我们可以利用工厂的流程说明书, 以便研究物料或者产品本身是如何在流程中经过的, 这里我们把物料或者产品作为流程单位, 来研究它们经过整个流程的过程。

一个流程是流程单位流过运作的过程。流程图由一系列圆圈、三角、方框、菱形和箭头组成, 如图 1-4 所示。

1) 圆圈代表增加流程单位价值的流程活动, 一个工序(圆圈)本身也可以是一个流程。

2) 三角代表等待区域或者缓冲库存。与工序不同, 存货不增加价值, 所以, 流程单位最好不要在存货上浪费时间。

3) 方框表示“检查”, 它与流程活动不同, 流程活动通常指有助于使原材料向产品方向变换的行动, 而检查只是确认任务是否被有效地完成。

4) 菱形表示一个“决策点”, 在该点, 不同的决策会导致其后流程的不同路径。

5) 箭头在圆圈、三角、方框或者菱形之间, 表示物料流(实线)和信息流(虚线), 它指明了流程单位经过流程的路径。如果有经过流程的不同路径的不同流程单位, 使用不同的颜色表示不同的路径对分析是很有用的。

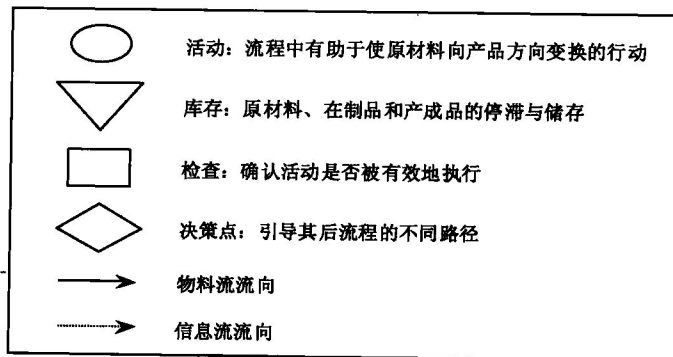


图 1-4 流程元素说明图

2. 流程绩效的三个主要指标

流程可以看做一个“黑箱”, 它使用资源(劳动力和资金), 将投入(原材料)转换为产

出（产成品），如图 1-5 所示。在分析产品的生产流程时，首先要定义分析的流程单位。

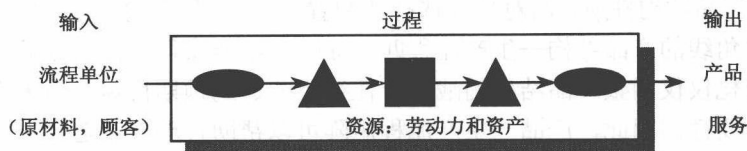


图 1-5 组织中的流程

流程单位是在整个流程中流动，从投入开始，最终转换为产出而结束流程。可以根据流程绩效的三个基本度量指标来评估一项流程：

（1）库存 流程中累积的流程单位的数量称为库存（在生产中就是指在制品）。

（2）流程时间 一个流程单位通过流程所需的时间称为流程时间。流程时间包括该流程单位可能等待加工的时间，因为其他在同一道工序上的流程单位（库存）也在争夺同样的资源。流程时间是一项非常重要的绩效度量指标。

（3）生产率 流程生产产品（如每天生产的单位数量）的速度称为单位时间产出或者生产率。流程所能达到的最大生产率称为流程的能力。

表 1-4 给出了流程的几个例子和它们对应的单位时间产出、库存水平以及流程时间。

表 1-4 单位时间产出、库存水平以及流程时间的几个例子

	肯德基餐厅	香槟酒厂	EMBA 项目	联想公司
流程单位	进入餐厅的顾客	瓶装香槟	EMBA 学生	计算机
单位时间产出	一天服务 900 名顾客	每年 26 000 万瓶	每年 300 个学生	每天 5 000 台
流程时间	顾客在餐厅内的平均时间为 40 分钟	在酒窖的平均时间为 3.46 年	2 年	60 天
库存	餐厅中平均有 60 名顾客	90 000 万瓶	600 个学生	300 000 台

流程中的库存、单位时间产出和流程时间三者之间存在一种特殊的联系。这三者之间联系规则我们称为“律特法则”（根据 John. D. C. Little 命名），用式（1-1）表示为

$$\text{平均库存} = \text{平均单位时间产出} \times \text{平均流程时间} \quad (1-1)$$

3. 生产流程设计

为了获得一项具体的产出，一个流程中应该包括具体的工作任务，这些任务之间的连接方式（即其中的物流和信息流模式），流程中库存量的大小，都是由生产流程的具体设计来决定的。

（1）流程的节拍、空闲时间 流程的节拍是指连续完成相同的两个产品（或两次服务，或两批产品）之间的间隔时间，即完成一个产品所需的平均时间。节拍通常只用于定义一个流程中某一具体工序或环节的单位产出时间。如果产品是成批制作的，则节拍指两批产品之间的间隔时间。

空闲时间指工作时间内没有执行有效工作任务的那段时间，可以指设备或人没有投入工作的时间。当一个流程中各个工序的节拍不一致时，瓶颈工序以外的其他工序就会产生空闲时间。

（2）瓶颈和流程能力 从生产的角度来看，对企业来说最为重要的一个问题是在给定的单位时间（如 1 天）中能够生产多少产品或者能够服务多少顾客，这个度量指标我们称之为流程能力（Process Capacity）。



整体流程能力由生产设施中最小的生产设施的能力决定。我们称这个生产设施为瓶颈 (Bottleneck)，它成为了全部流程链中最弱的环节，一条流程链的能力就等于其最薄弱环节能力的大小。流程能力可用式 (1-2) 表示为

$$\text{流程能力} = \min\{\text{生产设施 1 的能力}, \dots, \text{生产设施 n 的能力}\} \quad (1-2)$$

如果需求小于供应链能力 (也就是有充足输入以及流程具有足够能力)，流程就按照需求的速度生产，而与流程能力无关，我们称这种情形为需求约束 (Demand-Constrained)。

如果需求大于供应，则称流程为供应约束 (Supply-Constrained)。它取决于产品供应的不同限制，供应约束流程要么是输入约束的，要么是能力约束的。输入约束是指流程的原料输入不足，能力约束是指瓶颈的生产能力不足。

例 1-1

草籽娃娃流程能力计算

草籽娃娃通过一个混合批量流水线生产，6 名填充机操作员同时工作，制成基本的球形体，并放入装载盒里，每盒 25 只。在另一个工作地，一个操作工人用带有塑料皮的电线制成草籽娃娃的眼镜。接下来的作业过程是一个流水线。三个塑形工从盒子中取出球形体，塑造鼻子和耳朵。在塑形工的旁边有两个工人在球形体上制作眼睛，并把先前做好的眼镜戴在鼻子上，并且转交给一个工人进行涂染，然后放在晾干架上，经过 5 小时的自然晾干后，两名包装工人进行包装。工业工程部门测定的在各个生产设施中工作的工人的单位产品的操作时间为：填充 1.5 分钟，塑形 0.8 分钟，制作眼睛 0.4 分钟，构造眼镜 0.2 分钟，涂染 0.25 分钟，包装 0.33 分钟。一天工作 8 小时，按实际工作时间为 7 小时计算。

表 1-5 总结了每个流程步骤的能力。根据我们的瓶颈和流程能力的定义，现在我们能够确定塑造鼻子和耳朵为草籽娃娃生产流程的瓶颈。整体流程能力是每个生产设施的能力的最小值 (单位都为个/天)：流程能力 = $\min\{1\,680, 2\,100, 1\,575, 2\,100, 1\,680, 2\,545\} = 1\,575$ 。

(3) 流程利用率与能力利用率 若除去工厂计划的设备维护和检查时间，工厂计划能获得每天 1 575 个的生产能力，而客户的需求只有每天 1 500 个，因此，存在需求和潜在供应能力 (流程能力) 的不匹配。

量化这个不匹配的常用度量指标是流程利用率，流程利用率用式 (1-3) 表示为

$$\text{流程利用率} = \text{单位时间产出} / \text{流程能力} \quad (1-3)$$

因此，为了度量流程利用率，我们要考虑相对于流程在全速运转时能够生产的产品数量，流程真正生产了多少产品。如草籽娃娃的例子中，相应的利用率为：流程利用率 = $1\,500 / 1\,575 = 95\%$

以此类推，不仅能够得出整个流程层面的利用率，还能得出单个生产设施的利用率。一个生产设施的利用率用式 (1-4) 表示为

表 1-5 能力计算

流程步骤	能力/(个/天)
填充	$6 \times (7 \times 60) / 1.5 = 1\,680$
构造眼镜	$1 \times (7 \times 60) / 0.2 = 2\,100$
塑造鼻子和耳朵	$3 \times (7 \times 60) / 0.8 = 1\,575$
制作眼睛	$2 \times (7 \times 60) / 0.4 = 2\,100$
涂染	$1 \times (7 \times 60) / 0.25 = 1\,680$
包装	$2 \times (7 \times 60) / 0.33 = 2\,545$
流程合计	瓶颈：塑造鼻子和耳朵

生产设施利用率=单位时间产出/生产设施的能力

(1-4)

已知瓶颈是能力最低的资源，而且通过所有生产设施的单位时间产出相同，那么瓶颈就是具有最高利用率的资源。

如草籽娃娃的例子中，对应的利用率如表 1-6 所示。注意流程中的所有生产设施只有一个流程单位，而且拥有相同的单位时间产出，这个单位时间产出等于整体流程的单位时间产出，为 1575 天。

度量设施利用率在资本密集的行业中的应用最为普遍，而度量工人利用率则在劳动力密集的行业中的应用最为普遍。给定有限需求（1500 个/天），即使在原料供应充足的情况下，草籽娃娃生产流程的瓶颈也没能达到 100% 的利用率。如果有充足的市场需求和物料供应，在不允许有在制品库存的情况下，只有瓶颈能达到 100% 的能力利用率。如草籽娃娃的瓶颈利用率为 100%，就能得到整体单位时间产出为 1575 个/天，对应的能力利用率水平在表 1-7 中作了总结。

表 1-6 草籽娃娃流程步骤的利用率

流 程 步 骤	利用率 (%)
填充	1 500/1 680=89
构造眼镜	1 500/2 100=71.4
塑造鼻子和耳朵	1 500/1 575=95
制作眼睛	1 500/2 100=71.4
涂染	1 500/1 680=89.3
包装	1 500/2 545=58.9
流程合计	瓶颈: 1 500/1 575=95

表 1-7 需求无限的不允许在制品库存的
草籽娃娃各流程步骤的利用率

流 程 步 骤	利用率 (%)
填充	1 575/1 680=93.75
构造眼镜	1 575/2 100=75
塑造鼻子和耳朵	1 575/1 575=100
制作眼睛	1 575/2 100=75
涂染	1 575/1 680=93.75
包装	1 575/2 545=61.89
流程合计	瓶颈: 1 575/1 575=100

例 1-2

玩具小熊流程分析的 6 步法实例

礼品店中出售的玩具小熊通过一个混合批量流水线加工出来。6 个填充人员同时工作，把填充材料装进相应的布料中，这样就制成了小熊身体各个部位非基本形状。接下来有 9 名工人将填充好的各个肢体部分进行塑形，比如身体、头部等，然后将这些部分拼凑缝制出完整的小熊。接着，有 4 名工人为小熊粘贴嘴巴、眼睛、鼻子和耳朵，并为它们穿好缝制的外衣，再由 3 名工人为小熊装入预先准备好的发声设备，最后，经过 2 小时把胶水晾干，小熊由 3 名包装工人放进包装袋，并把它们装入便于运输的箱子里。

经理和生产主管们对玩具小熊的各道加工工序以及转移时间做了估计，估计的时间如表 1-8 所示。

请进行玩具小熊流程分析。

第 1 步 画出流程图（见图 1-6）

表 1-8 各工序的加工时间

工 序	加工时间/分钟
填充	1.5
缝制身体	2.4
缝制外衣	1.6
粘贴五官	0.8
添加发声设备	0.75
包装	0.33