

工业工程 典型案例 分析

Case Study for Industrial Engineering



蒋祖华 奚立峰 等 编著
Jiang Zuhua Xi Lifeng

清华大学出版社

工业工程典型案例分析



Case Study for Industrial Engineering

蒋祖华 奚立峰 等 编著

Jiang Zuhua Xi Lifeng

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书通过 18 个实际案例的提炼和分析,介绍了工业工程的一些实际应用情况。案例发生在汽车制造业、钢铁制造业、船舶制造业、电子制造业等行业,内容包含基础工业工程和现代工业工程,涉及工作研究、作业测定、设备管理、库存管理、现场管理、质量管理、零缺陷控制、装配作业仿真、技术管理、生产线分析、设备监控等方面。本书可供工业工程和机械工程专业的大学生在生产实习中参考,也可供制造业和服务业的工业工程师等工程技术人员以及有关的工程管理人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010 62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

工业工程典型案例分析/蒋祖华,奚立峰等编著 —北京:清华大学出版社,2005.3
ISBN 7-302-10279-1

I Ⅰ… II ①蒋… ②奚… III.工业工程—案例—分析 IV F402

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 143580 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

责任编辑:张秋玲

印 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×230 印张:17 字数:349 千字

版 次:2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-10279-1/TB·86

印 数:1~3000

定 价:29.00 元

前言



生产实习是工业工程专业本科教学活动中很重要的实践环节。由于我国工业工程专业设置较晚,相关的实践指导书太少,而全国目前有 100 多所高校设立了工业工程本科专业,因而迫切需要一本指导本专业实习的案例集。为了满足学生在实习中的多种工作要求,特编写此书。通过多个实际案例的提炼和分析,帮助学生深入了解企业实际情况,并解决实习中遇到的工程管理和技术管理等问题。

本书主要考虑了一些基础工业工程和现代工业工程方面的实际应用问题,如工作研究、作业测定、设备管理、库存管理、现场管理、质量管理、零缺陷控制,以及装配作业仿真、技术管理、生产线分析、设备监控等应用案例,涉及汽车制造业、钢铁制造业、船舶制造业、电子制造业。

希望本书对制造业和服务业的工业工程部门或相关管理部门的工作开展起到指导作用,使工业工程的原理和方法在企业中进一步深化应用,从而提高企业的管理效率和效益。

本书共有 18 章,蒋祖华负责撰写第 1~2,5~7,9,11~14 章,奚立峰和潘尔顺负责撰写第 15~18 章,蒋祖华和周毅负责撰写第 3~4,8 章,于谨维负责撰写第 10 章。

由于作者水平有限,加之时间仓促,本书有不少不尽如人意之处,恳请各位读者批评指正。

蒋祖华

2004 年 12 月于上海

Email: zhjiang@sjtu. edu. cn

目录

1	钢厂备件安全库存分析	1
1.1	需求概述	1
1.2	备件库存策略与方法	2
1.2.1	备件管理的任务	2
1.2.2	备件库存控制的方法	3
1.3	备件库存控制应用实例	4
1.3.1	确定型需求的库存控制模型实例	4
1.3.2	随机型需求的库存控制模型实例	7
1.3.3	用 ABC 分析法控制库存	10
2	备件管理信息系统的应用	11
2.1	引言	11
2.2	需求分析	11
2.2.1	需求概况	11
2.2.2	管理业务流程	12
2.2.3	组织结构及分工	13
2.2.4	仓库管理流程	14
2.3	系统概述	15
2.3.1	系统总体目标	15
2.3.2	系统功能分析和信息模型	16
2.4	系统主要功能及应用	17
2.4.1	物料管理	17

IV 工业工程典型案例

2.4.2 库存设置和库位可视化管理	18
2.4.3 仓库出入库管理	18
2.4.4 监测和统计分析	20
2.5 小结	22
3 设备故障数据统计及可靠性分析	23
3.1 引言	23
3.2 可靠性可维护性分析技术	25
3.2.1 可靠性可维护性流程	25
3.2.2 可靠性计算的概率公式	25
3.3 设备运行数据的采集	26
3.4 超声波焊机可靠性指标计算	29
3.4.1 前右焊机运行数据分析	29
3.4.2 前左焊机运行数据分析	32
3.4.3 后左焊机运行数据分析	33
3.4.4 后右焊机运行数据分析	35
3.5 可靠性可维护性指标计算分析	36
3.5.1 可靠性可维护性指标比较	36
3.5.2 系统的可靠性与可维护性	37
3.5.3 4台焊机的故障分布	38
3.6 设备可靠性可维护性标准指标设定	39
3.6.1 按设备综合利用率要求设定可靠性可维护性指标	39
3.6.2 按连续生产班次要求设定可靠性可维护性指标	41
4 超声波焊机的设备失效模式和故障分析	42
4.1 引言	42
4.2 门板超声波焊机的结构功能展开	42
4.3 门板超声波焊机故障树分析	44
4.4 设备失效模式及后果分析	45
4.4.1 设备失效模式及后果分析的作用	45
4.4.2 EFMEA的编制与讨论步骤	46
4.4.3 风险评估指标等级分类	47
4.5 超声波焊机设备控制计划	52

5	功效系数法在设备预防性维修审核中的应用	54
5.1	引言	54
5.2	预防性维修审核	54
5.2.1	审核指标体系	55
5.2.2	预防性维修的流程审核和内容审核	55
5.3	基于功效系数法的预防性维修审核技术	57
5.3.1	功效系数法的原理	57
5.3.2	基于功效系数法的预防性维修审核技术	57
5.4	企业预防性维修审核的实践案例	58
5.4.1	预防性维修审核的目标对象	58
5.4.2	预防性维修审核的数据来源说明	58
5.4.3	输送链系统预防性维修审核指标计算	58
5.4.4	分析说明	59
5.5	小结	60
6	超声波焊机的设备预防性维修审核	61
6.1	预防性维修审核的目的和意义	61
6.1.1	预防性维修审核的概念	61
6.1.2	预防性维修审核的意义	61
6.1.3	预防性维修审核的操作流程	63
6.2	超声波焊机的 PM Audit 实例	63
6.3	PM Audit 后可靠性、可维护性指标比较	67
6.4	PM Audit 后维修费用比较	69
7	设备管理及监控的应用分析	72
7.1	引言	72
7.2	TFM 系统的主要功能简介	72
7.2.1	TFM 系统概述	72
7.2.2	TFM 系统的功能与特点	74
7.3	TFM 系统在设备管理应用中的案例分析	74
7.3.1	应用 TFM 的实时可视化功能	74
7.3.2	TFM 系统查询功能	76
7.3.3	TFM 监控系统对设备的可靠性数据分析	78

7.3.4	TFM 系统标杆功能的应用	79
7.3.5	TFM 系统分析比较功能的应用	80
7.4	小结	82
8	专用设备的 DFMEA 及应用	83
8.1	概述	83
8.2	非标专用设备的 DFMEA	83
8.2.1	DFMEA 的概念	83
8.2.2	非标专用设备 DFMEA 的目的	84
8.2.3	非标专用设备 DFMEA 建立的时机和组织形式	84
8.3	保险杠超声波焊机设计实例	85
8.3.1	前保险杠超声波焊机工艺背景简介	85
8.3.2	DFMEA 的编制步骤	85
8.4	非标专用设备 DFMEA 的若干要点	92
8.5	小结	92
9	汽车配件公司设备维护与管理的信息化应用	93
9.1	公司设备维护概况	93
9.2	设备维护与管理的工作分析	94
9.2.1	维修业务流程	94
9.2.2	保养业务流程	95
9.3	设备维护与管理软件系统	97
9.3.1	系统总体目标	97
9.3.2	系统功能	97
9.4	设备维护与管理应用	99
9.4.1	资源管理	99
9.4.2	故障管理	103
9.4.3	维修工作管理	104
9.4.4	保养计划	108
10	船厂埋弧焊作业工作研究	119
10.1	埋弧焊工作现状描述	119
10.2	埋弧焊作业工作单元提取	120
10.3	工作单元时间计算	126

10.4	单道焊作业时间计算	128
10.5	工作效率的实例比较	130
11	装配操作的人机工程仿真与分析	133
11.1	研究对象分析	133
11.2	仿真软件介绍	137
11.3	典型工序的操作仿真及改进	141
11.3.1	活塞环装配工序	141
11.3.2	部件装配工序	147
11.3.3	氯气检漏工序	155
12	电子制造业公司业务流程分析	163
12.1	电子制造业公司的生产背景	163
12.2	订货及产前准备阶段	165
12.3	新机种试做阶段	170
12.4	量产实现阶段	171
12.5	抽验及出货阶段	175
13	制造业技术信息管理	178
13.1	需求概述	178
13.2	技术信息管理分析	179
13.3	技术信息管理概述	180
13.3.1	更新信息的提示	180
13.3.2	主控界面	180
13.4	技术信息管理系统的特特点	190
14	印刷线路板装配质量管理	191
14.1	背景介绍	191
14.2	印刷线路板装配的主要技术	192
14.2.1	印刷板元件面的表面贴装	192
14.2.2	印刷板焊接面的表面贴装	192
14.2.3	印刷板的装配流程	193
14.3	印刷板生产质量的分析与调查	194
14.4	质量问题的原因分析与改进措施的提出	195
14.5	进一步的思考	197

15	发动机厂零缺陷质量过程控制	203
15.1	零缺陷质量管理的含义、目标和原则	203
15.1.1	零缺陷的含义	203
15.1.2	零缺陷质量管理的目标	204
15.1.3	零缺陷质量管理的基本原则	204
15.2	零缺陷活动开展背景	204
15.3	零缺陷质量管理的理念	205
15.4	零缺陷质量过程控制体系的建设	206
15.4.1	人员管理零缺陷	206
15.4.2	设备管理零缺陷	208
15.4.3	物流管理零缺陷	211
15.4.4	标准化作业零缺陷	213
15.4.5	持续改进零缺陷	215
15.5	零缺陷质量过程控制活动的总结与思考	217
16	将 6σ 管理作为持续改进的突破性策略	219
16.1	引言	219
16.2	6 σ 质量战略	219
16.3	6 σ 管理方法	221
16.3.1	DMAIC 流程模式	221
16.3.2	过程的思考	222
16.3.3	统计工具的应用	222
16.3.4	质量改进团队	223
16.4	项目组织方式	223
16.5	6 σ 改进项目实例	224
16.5.1	项目背景	224
16.5.2	项目实施过程介绍	225
16.6	形成追求“第一”的企业文化	231
16.7	取得的成果	232
17	应用 6σ 方法缩短交货周期	233
17.1	6 σ 实施方法——DMAIC	233
17.2	应用 DMAIC 方法缩短交货周期	234

17.2.1	背景分析	234
17.2.2	定义阶段	234
17.2.3	测量阶段	235
17.2.4	分析阶段	239
17.2.5	改进阶段	242
17.2.6	控制阶段	244
18	田口参数实验设计	245
18.1	田口方法的起源	245
18.2	田口方法的基本思想和研究内容	246
18.3	田口质量损失函数	248
18.4	信噪比与正交表	249
18.5	田口参数设计的流程	251
18.6	田口参数设计案例	251



钢厂备件安全库存分析

1.1 需求概述

国内某钢厂一方面备件库存积压,一方面设备维修经常面临缺货,目前尚无一个完整的库存解决方案。库存备件从财务的角度来看,构成了企业的生产要素,但是需要占用企业庞大的流动资产;从实物的角度来看,支撑着设备的正常运转,但是需要占用企业宝贵的仓储面积与空间。如果备件储备过少,将影响设备的开动率,继而导致产品产量的减少;如果备件储备过多,长期闲置,将导致备件锈蚀、老化、失效,丧失使用功能,并造成资金积压,影响周转。具体表现为:

(1) 库存结构不合理,备件库存中有 3 年以上库龄的备件仍占 30%,而事故件比例偏低,计划件比例偏高。

(2) 各单元之间备件库存的比例不平衡;三期单元备件的平均单价明显高于一期、二期;领用机、电、仪备件的比例与库存机、电、仪备件的比例不匹配;临时库存的领用率逐年下降,说明不能用的备件积压沉淀,并且随着时间的推移,沉淀备件领用概率会越来越小,直至存放在仓库中完全不用。仓库中库龄长的备件实物量大。

(3) 过量库存、积压库存、缺货,称为备件库存的三大弊病。过量的库存超过了实际的需要;积压的库存只能等待报废;因库存不足而产生的缺货,会导致设备生产、维修的停顿,继而影响企业产品产量,使资本投入不能收回现金,并失去市场与客户的信任。

针对备件库存管理中存在的问题,迫切需要对存在的问题进行分析,通过建立安全库存机制,建立库存备件最佳订购批量、最佳订购周期等重要参数,结合供应链、业务流程再造、企业资源计划等理论,在需要与可能之间寻找一个最佳平衡点,在盘活流动资产、提高资金利用效率的同时,确保设备的正常生产、维修。

合理备件库存的确定有着重要的意义:

(1) 从设备维修、生产方面考虑,为了使设备维修、生产稳定进行,企业应保证有足够

的库存,这样才能满足因接受大量订货任务而急剧增加产量时对设备备件的需要,满足因采购遇到意外而不能及时购得备件、材料时的需要。

(2) 从流动资金方面考虑,备件库存在企业总资金中所占比例较大,备件存储会产生附带损失和存储费用,一般包括:利息、存储损耗、陈旧、降价所造成的损失,备件的税金和保险费,仓库管理费。

(3) 从订购方面考虑,希望订购次数越少越好,即每次订购量越多越好。同时还需从合理交货期方面考虑,给供应商合理的制造周期,减少紧急备件的计划量。

1.2 备件库存策略与方法

1.2.1 备件管理的任务

设备在运转使用过程中,有些零件由于相对运动的摩擦会产生磨损,磨损到一定程度时配合间隙增加,直接影响到设备的精度、效率和被加工零件的质量;有些零件由于受周期性冲击负荷的作用,会产生裂纹和损坏;还有一些零件虽无相对运动,但都有一定的使用寿命,超过使用寿命也会降低使用性能和失效。

备件就是在设备维修工作中,为了缩短修理停歇时间,事先为进行各种修理所准备的零(部)件。根据零件磨损规律、生产技术特征、工厂生产条件和市场供应情况,有计划地存储一定数量的某些备件,不仅可以显著地缩短设备维修时间,提高设备利用率,而且还可以降低备件的制造成本或购置费用。事先储备合理数量的备件,可以消除维修前赶制配件等突击现象,有利于提高维修质量。

备件管理的主要任务是:

(1) 要为企业的设备维修系统及时供应合格的备件,以减少设备修理停歇时间,提高维修效率。

(2) 保证关键设备正常运转。关键设备对企业的产品产量和质量影响大,备件管理系统的工作重点首先就是确保关键设备的正常运转,尽量减少停机损失。

(3) 在保证备件供应的前提下,要尽可能减少占用备件资金,加速备件资金的周转。

(4) 提高备件的收发和库存管理工作水平,减少库存亏损等。

确定备件储备工作,是备件存储管理的一个重要环节,只有在合理选定备件储备的基础上,正确地选择备件储备形式和制定备件储备定额,才能用最少的备件购置和库存费用及时供应合格的维修备件。确定备件储备工作时,应综合考虑零件磨损规律、使用寿命、故障性质、平均消耗量、价格、制造过程复杂程度、设备停工损失、维修水平、备件生产能力、市场供应情况和备件资金等因素。

1.2.2 备件库存控制的方法

1. 确定型需求的库存控制

这种控制方法就是决定应当在什么时候订货以及补充库存,每次订货的数量是多少,要求既能保证设备生产、维修的正常进行,又可以节省库存费用,获得最佳的经济效益。其控制方法有:

(1) 经济订货批量,即在年总成本(购买费用、订货费用、库存持有费用三者之和)最小的前提下,求出经济订购批量。该模型比较适合于外购备件的库存,如密封圈等低值易耗品。

(2) 允许适度缺货情况下的库存控制。有时库存费用的提高可能远远超过缺货损失,从而得不偿失,因此需要在库存费用增长与缺货损失之间寻求平衡。

(3) 有数量折扣的库存控制。有时供应商为了鼓励大宗购买,会采用数量折扣策略。企业为了享受折扣价,趋向加大订购批量,减少订购次数。但批量增加后,势必增加库存持有费用,因此必须权衡利弊后再作决策。

此外,还有经济订货周期、经济制造批量、经济制造周期等方法。

2. 随机型需求的库存控制

现实的库存需求往往呈随机变化的特征,即每次需求虽有随机性,但在一个较长时期内的整体需求却服从某种统计规律,因此可以利用统计规律进行库存控制。它的变化因素有:

(1) 需求发生随机变化。

(2) 订货提前期出现随机变化。

(3) 需求与订货提前期都发生随机变化。随机变化的结果可能导致缺货,为了减少缺货风险,必须增加保险库存。保险库存越大,缺货风险越小,但过高的保险库存就不经济了。

3. ABC 分析法

ABC 库存分类是一种应用广泛的库存管理方法。这种方法是从巴雷特法则派生出来的,认为在某一指定的群体中,影响大的个体只占总数的小部分,而大多数个体都对总体影响不大(20%的个体对总体产生 80%的影响)。也就是说,占用总库存资金 80%的往往集中在只占库存量 20%的那几种库存项目上。我们将企业名目繁多的库存项目,按各品种库存占用年物资储备资金总额的多少,将物资分为 ABC 三类。通常将占用年物资储备资金总额最高的物资划分为 A 类,次高的划分为 B 类,低的划分为 C 类。

(1) A 类备件:品种占 5%~10%,金额占 70%~75%;

(2) B 类备件:品种占 15%~25%,金额占 20%~25%;

(3) C 类备件:品种占 65%~75%,金额占 5%

ABC 分类的目的在于对不同类的物资进行分类控制与管理。因此,对占用储备资金总额高的 A 类物资,在订货和库存储备方面,应实行重点控制;对中间状态的 B 类物资,实现一般管理;对 C 类物资,采取放松管理的措施。

1.3 备件库存控制应用实例

1.3.1 确定型需求的库存控制模型实例

1. 经济订货批量、订货周期、总成本

经济订购批量 Q 为

$$Q = \sqrt{\frac{2CR}{H}} \quad (1.1)$$

式中, R 为(年)使用量; C 为处理一次订货业务的平均成本,即每次的订货费用; H 为保存成本,它与备件单价 P 成正比,比例系数为 0.08,即

$$H = 0.08 \times P \quad (1.2)$$

根据式(1.1),可以推出 1 年的订货次数 N 为

$$N = R/Q \quad (1.3)$$

经济订货周期 T 为

$$T = \sqrt{\frac{2C}{HR}} = \sqrt{\frac{2C}{0.08PR}} \quad (1.4)$$

年总成本 $TC(\text{total cost})$ 为

$$TC = R \times P + R \times C/Q + H \times Q/2 = R \times P + R \times C/Q + 0.08 \times P \times Q/2 \quad (1.5)$$

式中, $R \times P$ 为购买成本; $R \times C/Q$ 为总的订货业务成本; $H \times Q/2$ 为保存成本。

例如,6308ZZ 轴承的年需求量为 829 个,每次的订货费用为 60 元,每个轴承的单价以 60 元计,存储费用为 8%(每件轴承存储 1 年所需的存储费用为轴承价格的 8%)。

因为 $C=60$, $R=829$, $P=60$,由式(1.1)~式(1.5)可得:

经济订购批量

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 60 \times 829}{0.08 \times 60}} = 144(\text{个})$$

1 年的订货次数

$$N = 829/144 = 5.76(\text{次}) \approx 6(\text{次})$$

经济订货周期

$$T = \sqrt{\frac{2 \times 60}{0.08 \times 829 \times 60}} = 0.174(\text{年}) = 63(\text{天})$$

年总成本

$$TC = 829 \times 60 + 829 \times 60/144 + 0.08 \times 144 \times 60/2 = 50431(\text{元})$$

以 1999 年为例,该轴承的采购到货情况如表 1.1 所示。

表 1.1 轴承采购入库清单

序号	合同号	入库日期	件数/个	金额/元	单价/元
1	A	1999.01.27	16	878.72	54.92
2	B	1999.02.25	109	6046.23	55.47
3	C	1999.03.08	62	3423.74	55.22
4	D	1999.05.12	2	163.60	81.80
5	E	1999.04.26	53	3209.39	60.55
6	F	1999.03.25	10	818.00	81.80
7	G	1999.05.18	62	3783.86	61.03
8	H	1999.07.26	66	4004.58	60.68
9	I	1999.06.15	4	327.20	81.80
10	J	1999.07.01	74	4501.22	60.83
11	K	1999.10.14	105	6394.35	60.90
12	L	1999.11.03	66	4027.98	61.03
13	M	1999.11.02	92	5599.76	60.87
14	N	1999.11.03	64	3905.92	61.03
15	O	1999.11.01	22	1603.80	72.90
合 计			807	48688.35	

从表 1.1 看出,1999 年订货 15 次,远远大于经济订货次数 6 次,因此需要调整订货次数。

2. 有数量折扣的库存控制

以型号为 3QT(R25)的张减辊为例,2002 年采购入库情况如表 1.2 所示。

表 1.2 张减辊采购入库清单

序号	合同号	入库日期	件数/个	金额/元
1	A	2002.01.14	54	80247.73
2	B	2002.02.05	90	132834.60
3	C	2002.04.04	63	92984.22
4	D	2002.04.15	72	106267.68
5	E	2002.05.15	54	79700.76
6	F	2002.06.04	54	79700.76
7	G	2002.06.12	72	106267.68
8	H	2002.06.25	36	53133.84
9	I	2002.07.04	54	79700.76
10	J	2002.08.14	54	79700.76
11	K	2002.09.20	45	66417.30
12		2002.09.27	54	79700.76
13		2002.11.20	36	53133.84
14		2002.12.11	54	78919.38
合 计			792	1168710.07

该张减辊年消耗 792 个,假定 1~299 个的单价是 1475 元,300~599 个的单价为 1400 元,600 个以上的是 1328 元,每次订货费用 1500 元,单个轧辊库存持有费用为价格的 8%,求以最低价计算经济订货批量。

第 1 步: 计算经济订货批量

(1) 计算价格 $P_1 = 1328$ 元时的经济订货批量

由式(1.1)得

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2RC}{0.08 \times P}} = \sqrt{\frac{2 \times 792 \times 1500}{0.08 \times 1328}} = \sqrt{22364.5} \approx 150(\text{个})$$

因为 $Q_1 < 600$ 个,所以 150 个不是价格 $P_1 = 1328$ 元时的经济订货批量,计算无效。

(2) 计算价格 $P_2 = 1400$ 元时的经济订货批量

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2RC}{0.08 \times P}} = \sqrt{\frac{2 \times 792 \times 1500}{0.08 \times 1400}} = \sqrt{21214.3} \approx 146(\text{个})$$

因为 $Q_2 < 300$ 个,所以 146 个不是价格 $P_2 = 1400$ 元时的经济订货批量,计算无效。

(3) 计算价格 $P_3 = 1475$ 元时的经济订货批量