

高 校 学 术 经 典 文 库

面向连续生产的 不常用备件库存模型研究

王 林 著

A Study on the Inventory Models of
Rarely-used Spare Parts based on
Continuous Production

湖北长江出版集团

湖北人民出版社

高 校 学 术 经 典 文 库

面向连续生产的 不常用备件库存模型研究

王 林 著

A Study on the Inventory Models of
Rarely-used Spare Parts based on
Continuous Production

湖北长江出版集团
湖北人民出版社

鄂新登字 01 号

图书在版编目(CIP)数据

面向连续生产的不常用备件库存模型研究/王林著.

武汉:湖北人民出版社,2006.9

ISBN 7-216-04866-0

I. 面...

II. 王...

III. 企业管理:生产管理

IV. F273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 116778 号

面向连续生产的不常用备件库存模型研究

王 林 著

出版发行: 湖北长江出版集团
湖北人民出版社

地址: 武汉市雄楚大街 268 号
邮编: 430070

印刷: 武汉中科兴业印务有限公司

经销: 湖北省新华书店

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/32

印张: 6

字数: 139 千字

插页: 1

版次: 2006 年 9 月第 1 版

印次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-216-04866-0/F·863

定价: 20.00 元

本社网址: <http://www.hbpp.com.cn>

前 言

当代设备技术突飞猛进，不断朝着精密化、集成化、自动化、连续化方向发展，生产对设备的依赖程度越来越高，在连续生产模式下，这种情况尤为突出。目前，面对激烈的全球竞争，降低生产成本成为我国连续性生产企业生存的关键之一，而生产成本中来自于设备备件消耗占了较大的比例。另一方面，连续生产模式下的企业多属于资产密集型企业，广泛分布在电力、电信、石化、冶金、烟草、纺织、酿酒、造纸等行业，在中国国民经济体系中占有举足轻重的地位。

备件管理是设备管理的重要组成部分，合理的备件库存，是生产流畅运行的重要保障。同时，备件库存成本也是企业维修成本的重要组成部分，其管理科学化的水平将对企业的经济效益产生直接的影响。经调查，发现我国连续性生产企业备件积压问题非常严重。这些备件中有60%以上都是不常用备件，这些备件库存量大且结构极不合理问题已成为困扰很多连续性企业的一大难题。

连续生产模式下不常用备件需求零星、缺货导致的直接和间接损失难以确定，库存管理决策过程比较复杂。本书结合国内外相关领域的研究现状，以生产的主要任务是维护设备正常运转的企业为背景，研究不常用备件分类管理方法、实用的库存模型和对应的智能决策支持系统，其实践意义在于为备件管理人员提供实时的决策帮助并降低其工作强度，在保证备件供应服务水平的前提下降低备件总体库存费用，以促进备件管理

科学化。依照以上目标,本书的基本架构如下:

首先,研究连续生产模式下的备件物流运作问题。在分析连续生产模式下备件管理特点的基础上,指出备件物流量明显小于生产物流量,具有长期性、闭环双向流动和选择性较小的特点。同时分析了物流系统的基本构成要素,提出在管理备件物流时应综合考虑备件的重要性等级、价格、需求模式和通用性因素,并以连续生产模式下的核电站为例,详细介绍了不同种类备件的库存管理策略。

其二,研究不常用备件的分类方法。针对 ABC 分类法和基于模糊理论的分类管理方法的缺陷,根据连续生产的特殊性,提出了基于备件重要性和价格的不常用备件分类管理方法,并根据分类管理的需要,构建了基于模糊数学和灰色理论的备件重要性等级评判模型。

其三,研究不常用备件需求分布函数的确定方法。首先介绍了充分样本下的 χ^2 检验和小样本数据下的 Kolmogorov-Smirnov 检验,针对小样本下多种需求分布函数都能够通过 K-S 检验的情况,建立了基于模糊综合评判和贝叶斯定理的需求分布函数确定模型,它充分利用备件管理人员的知识和经验来客观地确定备件的需求分布函数。

其四,研究若干适用的单级备件库存模型。针对连续生产模式下备件缺货费用难以确定的实际情况,介绍了基于服务水平约束的单级库存模型。进而在分析联合采购前提的基础上,建立了多品种联合采购的 (s, c, S) 库存模型和具有不同需求优先级的 (s, S) 库存模型,并给出了相应的启发式算法,同时通过系统仿真的方式验证了模型的可靠性。

其五,研究贝叶斯方法在不常用备件库存控制中的应用。分析了经典统计和贝叶斯统计推断的区别,指出由于利用先验

知识,故贝叶斯方法对小样本数据也有较好的统计推断效果。建立了先验信息不全时,基于贝叶斯方法的库存模型并推导出订货点和费用函数期望值的表达式。通过与经典方法的比较分析,发现对大部分情况而言,贝叶斯模型的计算效果比经典模型要好。

最后,研究备件库存控制智能决策支持系统。在分析数据仓库、数据挖掘、人工智能技术对决策支持系统影响的基础上,讨论了基于数据仓库的备件库存控制智能决策支持系统的框架,设计了其体系结构及各个子系统的功能。运用数据仓库思想,提出面向库存控制决策的数据类型分析和数据组织设计方法。采用面向对象技术,设计了C/S下的模型库管理体系,给出了面向对象的库存决策专家知识表示方法以及知识库建库方法。

本书是在作者博士论文的基础上完成的,同时本研究得到中国博士后科学基金项目“基于数据挖掘的不常用备件库存模型研究”(编号:2005037680)的资助。为了增加可读性,作者有意识地对原内容进行了调整,并根据近两年来国内外备件库存管理研究的最新成果,借鉴或引用了有关同仁的观点,对书中的内容进行了适当的删增。在撰写过程中,作者尽可能详细地在参考文献中列出了各专家的相关著作,在此对他们的贡献表示深深的谢意。本书也可能应用了某些资料而由于作者的疏忽未能指出文献出处,在此表示万分歉意。

由于作者水平所限,文中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

目 录

前言	(I)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 本研究的背景	(1)
1.2 本研究的目的和意义	(7)
1.3 相关研究领域文献综述	(8)
1.4 本研究的主要内容	(20)
第 2 章 面向连续生产的备件物流管理	(24)
2.1 备件供应管理概述	(24)
2.2 面向连续生产的备件管理	(29)
2.3 备件物流系统分析与设计	(34)
2.4 本章小结	(43)
第 3 章 不常用备件分类管理方法	(44)
3.1 现有的不常用备件分类方法	(44)
3.2 改进的不常用备件分类方法	(50)
3.3 不常用备件重要性等级评判模型	(53)
3.4 本章小结	(67)
第 4 章 不常用备件需求预测方法	(68)
4.1 常用的需求分布函数分析	(68)
4.2 需求分布函数参数推断方法	(69)
4.3 充分样本数据下的 χ^2 统计检验	(71)

4.4	小样本数据下的备件需求函数确定模型	(73)
4.5	本章小结	(80)
第 5 章	不常用备件库存模型	(81)
5.1	单品种 (s, S) 库存模型	(81)
5.2	多品种联合采购 (s, C, S) 库存模型	(87)
5.3	基于多需求优先级的 (s, S) 库存模型	(102)
5.4	本章小结	(116)
第 6 章	基于贝叶斯方法的不常用备件库存模型	(118)
6.1	经典统计推断应用的局限	(118)
6.2	贝叶斯方法的基本理论	(119)
6.3	基于贝叶斯方法的不常用备件库存模型	(123)
6.4	本章小结	(131)
第 7 章	不常用备件库存控制智能决策支持系统	(132)
7.1	引言	(132)
7.2	决策支持系统概述	(133)
7.3	库存控制 IDSS 体系结构	(140)
7.4	数据仓库子系统设计	(144)
7.5	模型库子系统设计	(154)
7.6	面向对象的知识库子系统设计	(163)
7.7	本章小结	(167)
第 8 章	总结与展望	(169)
8.1	全文总结	(169)
8.2	研究展望	(171)
参考文献		(173)
后记		(185)

第 1 章 绪 论

1.1 本研究的背景

1.1.1 良好的备件管理是生产顺畅运行的重要保障

设备是企业的主要生产手段之一，设备管理是企业的重要组成部分^[1]，它贯穿于整个企业管理的始终。维修是为保持或恢复设备能完成规定功能的能力而采取的技术和管理措施。而设备在运行阶段的管理，主要就是维修。随着现代化设备在企业中的广泛应用，维修及维修管理的重要性逐步增长，人们已经意识到维修是对未来的投资。

而备件管理是设备管理与维修工作中的重要环节，尤其是在当前情况下，生产设备的自动化程度越来越高、许多企业都采用自动化流水生产线，如果生产设备一处发生故障，就可能导致整个生产线的停产^[2]。因此，备件管理工作显得至关重要。一个企业，如果备件管理工作做得好，则既能满足生产维修的需要，又能使备件库存处于合理水平，从而给企业带来经济效益。然而，从调查情况来看，许多企业的备件管理工作都存在薄弱环节。在这些企业中，备件管理方法欠科学，不能有计划地、经济合理地组织备件的采购、保管和供应。库存备件往往不能满足维修的需要，时常出现因缺少备件而拖延修理时间的情况。

1.1.2 降低备件库存占用资金意义重大

备件储备占用的资金是企业流动资金的一部分，是定额流动资金中的储备资金。因而降低库存备件占用资金，意义很大^[3]。

1. 库存备件占用资金少，不仅说明企业的设备管理工作水平高，备件管理计划准确、采购合理，而且可以提高企业的定额管理水平，建立企业管理的良好形象。

2. 降低备件的储备资金占用量，可以补充到企业经营中其他更重要的经济活动中，减轻企业资金压力，增强经济活力，提高企业的竞争能力。

3. 在不影响设备维护检修需要的前提下降低库存占用的资金，用于生产经营活动，不仅可以带来间接效益，而且可以带来直接效益。减少的这部分库存资金，即为减少了企业流动资金的占用，从而为企业带来利息收入。

1.1.3 落后的备件管理与先进生产力的矛盾日益突出

1. 发达国家备件管理的主要措施

(1) 实行高度的综合管理。为了适应设备和生产管理现代化的需要，许多发达国家都把设备整个生命周期的各个阶段纳入统一的系统加以分析和管理，这就是设备的综合管理学。备件管理作为设备综合管理系统中的一个子系统，并不是孤立运行的，而是在准确掌握备件的磨损、消耗规律的基础上，把点检、维修和备件管理紧密联结成一个完整的系统^[4]。

(2) 设备部门与生产部门成为相互平行的系统。设备部门属于独立的机构，统一管理全厂的维修工作，并使维修工作专业化，而且绝大部分备件由专门的制造厂供应。

(3) 注重对备件经济效益的研究。日本、瑞典等国将最经济的促进设备保养的“最低成本”作为管理要点。国外许多企业,按备件的技术特性把备件划分为标准件、通用件和特制件,同时,采取切实可行的措施对备件实施有效控制,其关键在于掌握备件的使用预期和消耗规律,各使用单位实时提供某种备件的消耗磨损记录,备件管理部门依据该备件的磨损规律和实际库存情况,编制采购计划及实施库存控制,并把备件管理的业务重点转向对事故件的管理。

(4) 实施全过程的计算机辅助管理。通过计算机把设备的点检、维修与备件寿命的测定、备件库存控制结合起来,形成协调、系统的备件管理。如法国的一些企业,采用计算机记录设备的疲劳磨损状态,研究备件使用寿命,分析什么设备易出故障,何种备件容易损坏,以便分别采取措施,进行预防和修理。此外,对备件库存,从验收、入库、记录、编号,存放、保管、领用等全部用计算机进行自动管理和控制。

(5) 进行大量智力投资,加强备件管理岗位培训。目前,世界各国都十分重视对设备管理、维修、备件管理等人员的教育和培训。例如,荷兰胡哥苯钢铁公司拥有职工 23 750 人,其中维修保养人员 7 200 人,在这 7 200 人中设备管理工程师(包括备件管理)为 2 000 人。不仅如此,这些企业对维修保养人员首先安排到机械学校学习五年,工厂设备学校学习二年,结束七年学习后才能成为初级维修人员,而对从事设备管理和备件管理人员,一般要求达到大学本科以上水平。

2. 我国备件管理现状

总体来说,企业的备件管理现状可概括为:备件库存资金占用很高;同时,库存备件却不能满足维修需要,时常出现因缺备件而拖延修理时间的情况;仓库管理混乱,查找备件要花

费很长时间。这些问题导致大量资金积压、维修等待时间延长、维修费用增加和设备效率降低等一系列问题。所有这些都导致企业经济效益的降低。通过对这些企业备件管理实际状况的调查和分析,可将导致这些问题的主要原因归结为四个方面:

(1) 备件储备品种不合理。确定备件储备品种的原则是在保证及时供应维修所需备件的前提下,尽量减少储备品种及储备数量。而且应将备件与低值易耗品、材料、工具以及大修专用件等区分开来。许多企业备件储备品种的现状是:存在备件品种短缺的同时,又有相当多品种的备件长时间没有领用过。这样不但难以满足维修的要求,拖延设备修复时间,而且造成备件积压,导致库存资金升高,库存费用增加。根据赵嵩正教授对一家流程企业现有备件储备品种从1995年起至1998年6月底领用及入库状况的统计^[5],结果显示:该企业现有备件储备品种总计15 652项,实际占用资金2 535.1万元。其中:有3 791项备件的设备已经报废、外调或结构进行了局部改造,总计资金461.9万元;除去设备已报废的3 791项,有3 475项备件1995年以前就有,但从1995年起从未领用过,其中有741项反而在1995年后又发生入库现象,有的甚至每年都有入库,占用资金524.1万元(这里并不否认,这些备件中有些是必须储备的风险件,但同时也必须承认风险件所占比例只能是其中很小的一部分);在剩下的8 386项备件中,有2 133项为1995年后新入库未用过备件,占用资金571.8万元,有1 275项为大修专用备件,占用资金262万元,属于正常维修消耗备件4 978项,占用资金715.1万元。从这些统计数字中,很容易看出:虽然该企业总库存品种有15 000余项,总库存资金达2 500多万元,但其中有7 000多项、价值近1 000

万元的备件属于设备已经报废或者长达三年半时间未领用过的。

(2) 备件储备定额欠科学。备件库存资金很高的另一重要原因是备件储备定额不合理,部分备件的最高、最低定额都偏高,而部分高价备件的储备定额又明显太低,或者有的企业就根本没有库存储备定额,完全依靠管理者的主观判断来决定采购数量。仍以上边所提的那家企业为例,其现有一备件“滚子”,库存数量为34根,每根单价为1 934.9元,总计占用库存资金65 786.6元。而通过统计发现,从1995年起在三年多的时间里,这种备件只消耗了6根。按如此消耗速度预计,这种备件的储备量将至少满足以后15年的需用量。这只是其中的一个例子,如此高库存量的备件在该企业还很多,并将给企业造成巨大的资金积压和经济损失!

(3) 备件编码系统不规范。备件编码体系是备件管理工作中一个最关键、也是最基础的环节,是搞好备件管理工作的基础。备件编码应遵循的一个基本原则是“一一对应性”原则,即相同备件只能对应于惟一代码,同时一个代码也只能表示同一种备件。另外,备件编码还应体现备件的分类功能,如属于那台设备以及备件的物理性能等,以便于按备件类别进行库存分析。在实际调查中发现,许多公司备件编码存在同一备件重复编码的问题,多至有六个代码表示完全相同的一种备件,这样就导致备件储备品种增多,库存资金升高,而且给备件管理人员增加了工作量。同时发现编码没有明确的分类功能,所以不能有效地进行库存分析,从而难以达到优化库存的目的。

(4) 备件的仓库管理制度不完善。备件管理工作中存在的问题主要表现在:

① 备件的定置管理工作不完善,如备件存放次序不科学,

没有一个统一的、合理的、科学的摆放规则,致使查找备件很困难,从而延长了维修等待时间。许多备件的备件卡上没有库位号,有一些虽有库位号,但实物存放位置却与卡上库位号不符,给查找备件带来许多不便,也拖延了修理等待时间。

② 备件存放位置无标签,或虽有标签,但标签上的字迹已因时间过久而模糊不清,给查找备件带来不便。

③ 对备件没有定期清理措施,致使一些备件虽已不能满足使用要求,却依然滞留在库中。这些备件的存在,容易造成备件库库存充足的假象,其实真正能用于维修的却远远少于实际库存,不但增加了库房管理人员的工作量,还会影响维修工作的正常进行。

1.1.4 连续性生产企业面临着降低成本的巨大压力

知识经济时代,企业竞争的重点转向了价格、质量、速度和差异化。面对激烈的全球竞争,国外的连续性生产企业纷纷在中国建立生产基地,例如世界排名前三位的光纤光缆企业都已在中国建厂,这使得我国的连续性生产企业的劳动力成本优势已基本上丧失,而在技术、生产规模和管理水平、资金实力等方面都远远落后这些国际大企业。面对激烈的全球竞争,降低生产成本成为我国连续性生产企业生存的关键之一,而生产成本中来自于设备备件的消耗占了较大的比例。

另一方面,连续生产模式下的企业多属于资产密集型企业,广泛分布在电力、电信、石化、冶金、烟草、纺织、酿酒、造纸等行业,在中国国民经济体系中占有举足轻重的地位。经调查,发现我国连续性生产企业不常用备件积压问题非常严重。某核电企业备件库存中三年内未使用的备件品种约为12%,其库存资金的占用约1.1亿美元,高达40%;福建省

某啤酒企业 5 年以上未使用过的备件库存资金超过了 40%；贵州某企业近 5 年内均未消耗的备件占总库存资金的 53.4%。另外，我们现场访谈调查的一家水电厂、两家钢铁企业、一家光纤光缆企业、二家烟草企业 5 年以上未消耗过的备件约占库存资金的 35%~45%。这些备件中有 60% 以上都是不常用备件，这些备件库存量大且结构极不合理问题已成为困扰很多连续性企业的一大难题。

1.2 本研究的目的是和意义

当代设备技术突飞猛进，不断朝着精密化、集成化、自动化、连续化方向发展，生产对设备的依赖程度越来越高，在连续生产模式下，这种情况尤为突出。备件管理是设备管理的重要组成部分，合理的备件库存，是生产流畅运行的重要保障。同时，备件库存成本也是企业维修成本的重要组成部分，其管理科学化的水平将对企业的经济效益产生直接的影响，做好备件库存优化就显得十分必要。

备件库存管理的核心思想是在满足生产对库存需求的前提下确定备件合理的存储量和采购批量。在保证生产安全性和连续性的前提上，压缩库存规模、减少资金占用是提高企业经济效益的一条重要途径。如何制定科学合理的库存水平和采购规模是提高库存管理工作绩效关键问题之一，由于影响确定备件库存量和采购批量的因素不断变化，因此需要持续优化这些指标。

备件物流量明显小于生产物流量，具有长期性、闭环双向流动和选择性较小的特点，在连续生产模式下，备件缺货导致的直接、间接损失难以确定，库存管理决策过程比较复杂。不

常用备件的需求零星且无规律,像时间序列平滑预测法、回归分析预测法、直观预测法等传统的备件需求量预测方法并不完全适用。而且因为需要定制,受制造企业生产能力的约束,其采购提前期很长。因此,针对此类备件建立科学适用的库存模型就显得非常必要。

本书采用理论分析与实证分析、定性分析与定量分析相结合的方法,综合运用物流管理、决策科学、运筹学和系统仿真学科的理论与方法,以生产的主要任务是维护设备的正常运作的连续性生产企业为背景,研究不常用备件分类管理模式、若干关键适用的库存模型和决策支持系统。本研究在理论上丰富了随机存储理论,实践上的意义在于帮助企业物资管理部门制定合理的备件库存管理决策,在降低库存的同时,提高备件的供应服务水平。同时促进库存结构的优化,降低潜在的缺货风险。建立在本研究基础上,通过少量恰当的改动,本研究的结论可以推广到电站、船舶、化工、啤酒等企业。

1.3 相关研究领域文献综述

不常用备件库存管理的特殊性主要体现在其备件需求函数的确定上,在其概念、性质和管理方法等诸多方面与其他备件非常类似,因此,下面的相关文献综述中并不刻意强调专门针对不常用备件,多数研究成果对不常用备件同样适用。另一方面,如果在某种具体应用情况,不常用备件与其他类型备件的管理有较大出入的话,文中将专门指出。国外学者 W. J. Kennedy 和 J. W. Patterson 等人于 2002 年对备件库存模型进行了非常经典的综述^[6],在这里,我们将结合中国学者的研究成果进行简单的回顾。

1.3.1 备件管理的综合性论文

1. 备件的概念、管理目标

在设备维修工作中,为了缩短修理停歇时间而事先准备的各种修理零部件,通称为备件。备件库存不是卖给消费者的中间或最后产品,备件库存策略不同于WIP库存策略和其他库存策略^[6]。维修有两种类型:计划维修(预防维修),非计划维修。对于计划维修,备件的需求量是可预测的。在这种维修中,可以提前订购备件,从而不需要存储备件。对于非计划维修,缺货将导致重大的生产损失,所以需要实施安全库存策略。安全库存量取决于总的管理策略、报废、库存结构及具体的应用环境。

Mann (1966)^[7], Mamer, Smith (1982)^[8] 和 Seidel (1983)^[9]对维护库存进行了综合研究。Mann给出了一个计算最优订货点和订货批量的方法。他建议订货点等于采购提前期内的需求,其累积分布函数表示为 F_D ,经济订货批量为 Q 。

$$F_D = \frac{C_h Q}{C_s D}, \quad Q = \sqrt{\frac{2D \times (S + E_s)}{C_h}}$$

其中, C_h 为每单位备件年存储费, C_s 为单位备件的缺货费, E_s 为缺货费用的期望值。这种计算订货点和订货批量的方法的优点是容易理解和计算,但它没有把波动的需求率和难以确定的订货成本考虑进去。Mann在书中对如何在维修中管理备件进行了详细讨论,书里有关于组织、计划、安排、培训、合同、人事管理和资源控制的详细介绍,但介绍的库存模型过于简单。

Kennedy(1986)指出缺货费用是缺货间隔期的复杂的非线性函数,并针对FMS系统进行了一般性讨论。然而,他的论