

工业维护管理系统

ROM

孔造杰 著

理论与方法



中国科学技术出版社

工业维护管理系统 ROM 理论与方法

孔造杰 著

中国科学技术出版社
· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工业维护管理系统 ROM 理论与方法/孔造杰著. —北京: 中国科学技术出版社, 2006. 6

ISBN 7 - 5046 - 4398 - X

I. 工... II. 孔... III. 工业企业 - 设备 - 维护 - 管理系统 (软件) IV. F406.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 067350 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010 - 62103210 传真: 010 - 62183872

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

科学普及出版社发行部发行

北京长宁印刷有限公司印刷

*

开本: 850 毫米 × 1168 毫米 1/32 印张: 6.25 字数: 158 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—200 册 定价: 38.00 元

中文摘要

随着世界经济全球化步伐的加快和市场全球化竞争态势的逐步形成,使得各个企业面临着越来越严峻的竞争环境。在这种新的环境下,维护维修理论与实务的相对滞后问题日益凸显,因此,对新的维护管理理论和方法的研究不仅是工业维护管理理论自身发展的需要,而且也是企业在新时期整体集成发展战略的客观要求。

本书在对现有维护管理理论与方法综述的基础上,指出了在该领域的理论与实践所存在的问题。为推进维护管理理论的发展,提出了面向需求维护 (requirement-oriented maintenance, ROM) 的理论与方法体系。本书的主要内容和创新点概述如下:

第一,提出了面向需求维护 ROM 的基本思想和概念,并分析了 ROM 的需求导向、多元目标、整体优化、综合运用的基本特征,探讨了面向需求维护 ROM 概念模型、面向需求维护 ROM 的工作流程模型和 ROM 的技术体系模型。

第二,在总结 QFD 理论与应用成就的基础上,提出了维护功能配置 MFD 的理论与方法,探讨了 MFD 蒸馏塔式配置过程,研究了 MFD 的维护屋 HoM 的基本构造及其相互关系,研究了维护管理域的多目标优化模型。

第三,研究了 MFD 的维护需求获取途径,提出了维护需求层次理论;研究了维护需求的层次梯阶结构问题;研究了 MFD 中维护需求的模糊聚类分析方法,探讨了各项维护需求重要度的分析方法,并以 AHP 方法为基础提出了权重概率综合系数法这一新的分析方法。

第四，指出了维护管理域的4类19项因素及其结构化问题，设计了维护管理域的运行轴承图及其水平展开图。

第五，研究了MFD的组织管理与信息交流技术，主要探讨了MFD交叉功能小组的组织问题、交叉功能小组成员的选拔与培训以及MFD实施中的信息交流技术。

第六，探讨了ROM的应用环境问题，借鉴CIM-OSA等CIMS体系结构的理论构造了集成化工业维护管理系统的阶梯形映射多维视图体系结构框架模型，并展现了从概念模型开始向实用模型、实现模型、发展模型和未来模型阶梯形映射的示意过程。

第七，基于ROM的理念提出了以可靠性为中心的维护RCM的改造模型——概率RCM模型，这种模型有效地拓宽了RCM的决策集，由此所产生的决策可以更好地吻合于实际的维护需求。

关键词：工业维护 维护管理 集成化 面向需求维护 功能配置

ABSTRACT

As the pace of world economy-integration is accelerating and the situation of global competition is forming, enterprises are gradually faced with a more and more competitive environment. Under this new circumstance it is evident that the relatively lagging of maintenance theory and practice has become a problem. So the study on new theory and method of repair is in need, for the good of itself, as well as for the objective requirement of integrating strategy in new times.

Based on present theories and methods of maintenance management this monograph points out some problems in the theories and practice of this field. To advance the development of maintenance management theories we discuss the idea and structure of integrating industrial maintenance management system on the basis of CIM and its application project theory. Furthermore we also put forward the theory and method of ROM (Requirement-Oriented Maintenance).

The following are the main contents and creative points of this monograph:

Firstly, we put forward the concept and the basic thought of ROM and analyze basic characteristics of the demand of ROM, multivariate goal and synthesize utilization. We also discuss the concept model and working process model and technology structure model of ROM.

Secondly, on the foundation of summarizing the achievement of QFD theory and application, we put forward the theory and method of MFD and discuss the distilling tower deployment process of MFD,

study the basic structure and relations of HoM (House of Maintenance) of MFD. We also study the multi-goal optimization model of maintenance management region.

Thirdly, we study the gaining approach of maintenance demand of MFD demand, and put forward maintenance demand-layer theory, study the ladder structural problem of maintenance. The fuzzy clustering analysis of maintenance requirement of MFD and the analyzing method of requirement weightiness are discussed. A new method—the weight-probability synthesis coefficient method is pointed out based on AHP.

Fourth, Point out the 4 kinds of 19 factors of maintenance management region and its structural problems and design the operation bearing picture and horizontal-outspread pictures.

Fifth, the organization management and information alternating technology of MFD have been studied. The organization problem in overlapping function team of MFD, choosing and training of staff and information exchange in the practice of MFD has mainly been discussed.

Sixth, The application circumstance problem of ROM is discussed. Using for reference the theory of CIM-OSA and CIMS' structure, this paper constructs the ladder-reflecting and multidimensional architecture frame of industrial maintenance management system, and displays basic ladder reflection process from concept model to practical model and realization model, then to developed model and future model.

Seventh, an alteration model of RCM—probability RCM model is put forward based on the idea of ROM. This model widens the decision aggregation of RCM efficiently and the result of this method may

inosculate better with the maintenance demand in reality.

Keywords: industrial maintenance; maintenance management; integration; ROM; function deployment

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 维护管理理论的发展与研究现状	3
1.2.1 IMM 的概念与发展历程	3
1.2.2 国内外维护管理技术的研究现状	5
1.2.3 国内外维护管理理论与模型的研究现状	8
1.3 集成化维护管理理论发展概况	25
1.3.1 计算机维护管理系统	25
1.3.2 集成维护管理理论	27
1.3.3 智能控制—维护—管理集成系统	27
1.4 维护管理理论与实践中存在的问题	31
1.4.1 维护管理实践中的问题分析	31
1.4.2 CMMS 不成功的原因分析	32
1.4.3 我国工业维护实践中存在的问题	32
1.5 本课题的主要内容与研究技术路线	34
1.5.1 主要研究目标、内容及意义	34
1.5.2 本课题的研究技术路线	35
第二章 面向需求维护 ROM 理论与模型	36
2.1 新维护管理观念的产生	36
2.2 面向需求维护 ROM 理论的概念与特征	41
2.2.1 面向需求维护 ROM 理论思想基础	41
2.2.2 面向需求维护 ROM 理论的概念	43
2.2.3 面向需求维护 ROM 理论的特征	44

2.3 面向需求维护 ROM 模型	46
2.3.1 面向需求维护 ROM 概念模型	46
2.3.2 面向需求维护 ROM 的工作流程模型	47
2.3.3 面向需求维护 ROM 的技术方法体系	48
2.4 ROM 同其他维护管理理论的关系	49
2.4.1 TPM 与 ROM	50
2.4.2 RCM 与 ROM	50
2.4.3 EUT 与 ROM	51
2.4.4 TQMain 与 ROM	51
第三章 ROM 配置模型 MFD 理论与方法	52
3.1 质量功能配置 QFD 与质量屋 HoQ	52
3.1.1 质量功能配置的基础理论	52
3.1.2 质量屋 (HoQ) 的基本方法	55
3.2 维护功能配置 MFD 理论与方法	56
3.2.1 维护功能配置 MFD 的蒸馏塔式配置过程	57
3.2.2 MFD 的维护屋 (HoM)	59
3.3 MFD 多目标优化模型	61
3.3.1 MFD 多目标规划模型的一般形式	61
3.3.2 基于 HoM 的多目标规划模型的建立	64
3.4 HoM 多目标优化案例分析	68
3.4.1 案例背景条件及分析	68
3.4.2 案例多目标优化模型及求解	70
第四章 维护需求结构及其重要度分析	74
4.1 维护需求来源与识别	74
4.1.1 维护需求来源途径分析	74
4.1.2 维护需求的辨识	76
4.2 维护需求层次及其梯阶结构	78
4.2.1 人的需求层次理论	78

4.2.2 企业的维护需求层次理论·····	79
4.2.3 维护需求层次梯阶结构·····	80
4.3 维护需求信息的模糊聚类分析·····	81
4.3.1 需求信息的模糊化处理过程·····	82
4.3.2 维护需求语言信息的模糊聚类·····	83
4.3.3 维护需求语言的模糊聚类案例分析·····	84
4.4 维护需求重要度分析方法·····	90
4.4.1 确定 HoM 中维护需求重要度的三种传统方法 ·····	90
4.4.2 用 AHP 方法确定用户要求重要性系数 ·····	92
4.4.3 用群体 AHP 法确立用户要求权重 ·····	93
4.5 重要度分析新方法——权重概率综合系数法 ·····	95
4.5.1 权重概率综合系数法·····	95
4.5.2 权重概率综合系数法案例分析·····	97
第五章 维护管理域的结构化研究 ·····	99
5.1 维护管理基准及效能评价·····	99
5.1.1 维护管理基准雷达图·····	99
5.1.2 维护效能审核 ·····	101
5.2 维护管理域分类及结构化分析 ·····	103
5.2.1 维护管理域分类 ·····	103
5.2.2 维护管理域的结构化 ·····	106
5.3 维护管理焦点域分析 ·····	108
5.3.1 维护管理焦点域分析 ·····	108
5.3.2 重点维护设施的分析 ·····	109
5.4 关键失效模式分析 FMECA ·····	110
第六章 MFD 的组织管理与信息交流技术 ·····	116
6.1 MFD 交叉功能小组的组织管理问题 ·····	116

6.1.1	维修工作小组的大小	118
6.1.2	维修工作小组的生存期	119
6.1.3	维修工作小组的任务	119
6.2	MFD 交叉功能小组成员的选拔与培训	120
6.2.1	集成与协调机制对 MFD 的影响	120
6.2.2	交叉功能小组成员的选拔	121
6.2.3	交叉功能小组成员的培训	123
6.2.4	构建交叉功能小组的过程	124
6.3	MFD 实施中的信息交流技术	124
6.3.1	MFD 实施中的信息交流	124
6.3.2	MFD 中使用的信息技术	126
第七章	ROM 集成化环境 IIMMS 的研究	129
7.1	引言	129
7.2	IIMMS 的基本思想与参考模型	131
7.2.1	IIMMS 的基本思想	131
7.2.2	IIMMS 的参考模型	132
7.3	IIMMS 的体系结构	134
7.3.1	CIMS 的体系结构	134
7.3.2	IIMMS 的体系结构	138
7.4	IIMMS 的建模分析	141
7.4.1	IIMMS 建模分析的基本步骤	141
7.4.2	IIMMS 功能视图的建模分析	143
7.4.3	IIMMS 信息视图的建模分析	145
7.4.4	IIMMS 决策视图的建模分析	146
7.4.5	IIMMS 物理视图的建模分析	147
第八章	RCM 的面向需求维护改造模型	149
8.1	RCM 及其工作机理	149
8.1.1	RCM 处理的问题及方式	150

8.1.2 RCM 方法对故障后果的分类与处理原则	151
8.1.3 RCM 工作流程	153
8.2 RCM 的面向需求改造——概率 RCM	156
8.3 概率 RCM 实证分析	160
第九章 结束语	170
参考资料	174

第一章 绪 论

1.1 问题的提出

随着世界经济全球化步伐的加快和市场全球化竞争态势的逐步形成,使得各个企业面临着越来越严峻的竞争环境,它要求企业要从全方位和多角度不断地发展和完善,才能在激烈竞争的市场浪潮中站稳脚跟,这里不仅包括各种新技术、新设备、新材料和新工艺的采用和更新换代,更包括各种新的管理思想和方法的采纳应用与推陈出新。面对激烈的市场竞争,企业要提高自身的竞争能力,就必须从顾客的需求和社会可持续发展的要求出发,解决好 TQCSE (即上市速度 time、高质量 quality、低成本 cost、优质服务 service 和清洁环境 environment) 五个核心问题。近 20 年来,特别是近 10 年来,人们将制造技术与飞速发展的信息技术、自动化技术、现代管理技术与系统技术有机地结合,逐渐形成了新一代先进管理模式和制造技术,如 JIT (准时生产)、LP (精益生产)、AM (敏捷制造)、MRP II (制造资源计划)、ERP (企业资源计划)、BPR (业务流程再造)、CIMS (计算机集成制造系统)等,这些先进的管理模式和制造技术已经成为改善企业产品 TQCSE 特性,提高企业敏捷性、经济性、健壮性的关键手段,也正是这些管理方法和制造技术推动着企业跨入了自动化、信息化、智能化、集成化新的历史时期,这种新的历史环境要求有与之协调一致的新的维护管理理论和方法相配合。

随着工业技术和管理方法的不断进步,企业生产的机械化、

自动化、集成化程度也越来越高,这些反过来也制约和控制着企业的生产与经营活动,其中任何一台设备、任何一个环节出现异常都会导致整个企业生产过程的停滞甚至瘫痪,对企业的经营战略及 TQCSE 目标构成直接威胁。目前,随着机械化和自动化的发展和设备复杂性的增加,维护成本在企业总成本中的比重大大增加,欧美一些国家的维护成本平均每年增长 10% ~ 17%,美国自 1979 年开始,工业企业的维护费用每年提高 10% ~ 15%。维护为生产停工的主要原因之一,在有些企业里已成为仅次于能源消耗的预算部分,一般占 30% 左右^[1,2]。在这种残酷的竞争环境下,在向世界级制造前进的过程中,许多企业开始认识到,他们需要一个敏捷、实用、有效的维护管理系统,以便对生产经营系统、生产设施及相应的产品实施及时有效的维护,确保企业能有高的设备利用率、可信赖的产品质量、准时的交货能力、富有竞争性的产品定价,所有这些都有赖于将维护管理集成于企业战略中来,并作为核心内容加以深入研究、严格实施。由此,维护管理就由过去的幕后二线走到了今天的竞争焦点的台前。正如怀尔曼(Wireman)在他所著的《世界级维护管理》(World Class Maintenance Management)一书中,把维护管理称作是制造企业“最后的一个新领域”^[3]。

近 20 年来,技术和管理的长足进步改变了对维护管理的要求和内涵。例如:汽车的发展形成了遍布全世界的备件分配系统和维护服务网络。后来其他许多工业产品如家用电器、通讯器材、飞机、轮船等也步其后尘,设计了类似的备件和维护系统;空运、人造卫星、核电站、宇航等高可靠性系统的发展,对系统的技术设计和保证这些系统百分之百地开动提出了新的维护标准;化学工业如石油化工、塑料、生物化工、杀虫剂制造厂的发展,也给维护管理增添了诸如环境和工人保护等新问题;同时信息技术的进步,特别是计算机技术和互联网络的长足发展,为提

高维护效能、开拓新的维护技术和管理手段提供了新的可能性。除技术上的变化外,管理上出现的新理论、新方法及其发展趋势同样也改变了工业企业对维护的看法。由于 JIT、AM、CIMS 等新的管理哲理把生产目标集中在缩短交货时间和提高产品和服务质量上,因此,也很大程度上改变了企业对维护管理的态度^[1],增强了企业改进维护管理的愿望。

以上论述表明,对新的维护管理理论和方法的研究是新时期企业残酷竞争环境的客观要求,是与其他新的管理理论及制造技术相互协调一致的需要,是企业集成发展战略的需要,是制造业“最后的一个新领域”,也是维护管理理论自身发展的需要。为此提出了“面向需求维护 ROM—requirement-oriented maintenance”的研究计划。

1.2 维护管理理论的发展与研究现状

1.2.1 IMM 的概念与发展历程

英国标准 3811 号给维护下的定义是:各种技术活动与相关的管理活动相配合,其目的是使一个实体保持或者恢复达到能履行它规定功能的状态^[1]。在工业上需要维护的对象包括生产产品的一切设施和系统以及企业向用户提供的各种产品。

工业维护管理 (Industry Maintenance Management, IMM) 是 20 世纪 70 年代末随着全球市场竞争的不断加剧,经营者为提高企业的竞争力而提出并逐步发展起来的,但就其发展的历史过程而言,IMM 是伴随着工业革命的发生发展起来的。关于 IMM 的发展历程,一般的观点划分为以下四个阶段^[4]:

(1) 事后维修阶段 (1925 年前)。这是最初始的维护方式,其特点是认为机械设备在使用中发生故障是不可预知的,只有等出了故障再去维修它,不坏不修。

(2) 预防维修阶段 (preventive maintenance) (1925 ~ 1960 年)。预防维修基本上是以检查和计划为核心的维修体制,其出发点是改变原有的事后维修的方式,防患于未然,减少故障和事故,减少设备的突发性停机损失,提高生产效益。这一阶段的维修方式有两大分支,苏联形成了以固定保养期为特征的计划预防维修制,在英、美等国则形成了以定期检查为特征的预防维修制。其特点是强调预防为主。

(3) 生产维修制阶段 (Productive Maintenance, PM) (1960 ~ 1970 年)。即对重点设备实行预防维修,对一般设备实行事后维修。在这一阶段,以预防维修为中心,开始考虑设备生产、设计等环节的可靠性,出现了可靠性、无维修性设计的思想。这是一种以生产为中心,为生产服务的维修体制。这种维修体制包括维修预防、事后维修、改善维修和预防维修几种不同的维修方式。

(4) 各种维修模式并行阶段 (1970 年后)。此阶段也称为工业维护阶段。主要的代表理论有英国的设备综合工程学 (terotechnology)^[5]、日本的全员生产维修 (Total Productive Maintenance, TPM) 和美国的后勤工程学 (Logistics)^[6,7]。这三种典型的现代设备管理都是以设备的一生为研究对象,追求寿命周期费用最优化。同时,这三者都涉及可靠性问题。三者的区别是后勤学的范围最广,不仅对设备,而且还谋求降低产品、系统、程序的寿命周期费用,设备综合工程学虽然是仅针对设备,但也涉及从制造到设备维修的全过程,而全员生产维修制则是以主动、积极的态度进行设备的保养和维修,管理的范围主要是企业内部微观的设备管理和具体的管理方法。这一阶段总的特点是不仅局限于技术方面的考虑,而且从经济、管理等多方面入手。

20 世纪 70 年代,初设备维护逐渐发展为工业维护。70 年代末,提出了工业维护管理的概念^[26]。但在工业维护阶段初期就已经不仅仅局限于设备维护,维护对象从设备扩展到了与生产有