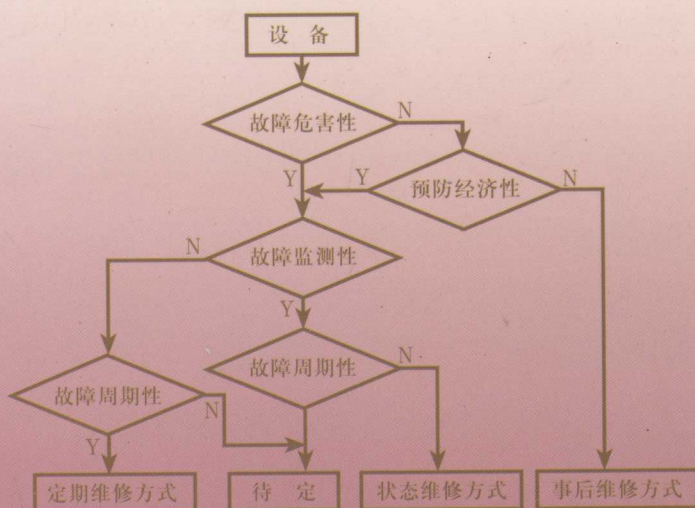


中华人民共和国交通部资助出版
交通类学科(专业)学术著作

交通运输机械针对性维修 策略与应用

严立 朱新河 严志军 范世东 杨国秀 著



大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS

中华人民共和国交通部资助出版

交通类学科(专业)学术著作

交通运输机械针对性维修 策略与应用

Jiaotong Yunshu Jixie Zhenduixing Weixiu
Celüe yu Yingyong

严 立 朱新河 严志军 范世东 杨国秀 著

大连海事大学出版社

2001.11

图书在版编目(CIP)数据

交通运输机械针对性维修策略与应用/严立等著. —大连:
大连海事大学出版社, 2001. 11
ISBN 7-5632-1518-2

I. 交… II. 严… III. 港口机械: 运输机械 — 机械维修
IV. U653

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 073994 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4728394 传真 4727996)

(<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com)

大连海事大学印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

开本: 850 mm × 1168 mm 1/32 印张: 10.75

字数: 270 千 印数: 0001 ~ 1000 册

责任编辑: 林晓阳 史洪源 封面设计: 王 艳

责任校对: 严 蔚 版式设计: 宏 远

定价: 22.00 元

序

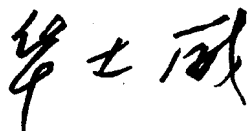
自 1987 年国务院颁布《全民所有制工业交通企业设备管理条例》以来,我国工业交通企业的设备管理进入了一个新的重要发展时期。在交通运输系统,机械设备维修的理论研究及实践方面也得到蓬勃发展,涌现出了许多新事物。在此期间,各航运和港口企业推出了许多改革举措。其中,烟台港通过与大连海事大学等高校合作,按照设备综合管理原则,开发故障诊断技术,推行点检制,并提出针对性维修策略,在设备管理现代化方面迈出了一大步。针对性维修体制是具有中国特色的一种先进的管理模式,其研究成果得到了省部级鉴定会的肯定,获得辽宁省科技进步三等奖,并于 1999 年被交通部定为重点科技成果推广项目。

由大连海事大学严立教授和烟台港杨国秀教授级高级工程师等人合著的《交通运输机械针对性维修策略与应用》一书,正是在上述实践过程中不断积累经验和资料的基础上撰写的。本书贯穿了我国设备综合管理的精神,以港口流动运输机械和船舶机械为实例,以针对性维修策略为主题,涉及可靠性与维修性理论、维修决策理论、维修体制、故障诊断技术及应用等内容,这些都是当前机械设备维修管理研究中的热点问题。取材新颖、内容系统是本书的一个特点。

本书的另一个特点是对机械设备的维修决策作了较全面的论述并给出相应的决策模型,把机械设备维修管理与计算机技术结合起来,有利于推动针对性维修策略的应用。

设备管理现代化工作应当结合我国的国情,并需要不断地总结和创新,但目前较全面地反映我国设备管理改革成果的论著尚不多见,因此从这个意义上说,本书的出版对从事设备管理和维修理论研究的科技工作者及从事实际工作的工程技术人员具有重要的参考价值。

中国设备管理协会原副秘书长



2001年10月13日

前 言

近几十年来,随着世界新技术革命浪潮的兴起,新技术、新工艺、新设备不断涌现,特别是微电子技术、通信技术的飞速发展,给工业交通企业的装备带来了巨大的变化,其机械化、自动化程度急剧上升,高精度、微电脑自动监测与控制等方面的技术在交通运输机械中得到应用。就设备维修活动而言,这些变化对人员素质、维修装备、维修策略、维修计划、维修费用等方面都提出了新的严峻的挑战。由于现代工业生产中的设备系统比以往任何时候更加注重高效率、低消耗,因而过去传统的维修模式就显得难以适应,需要寻找更适应的维修制度、更有效的维修策略,以及开发更先进的维修技术。

我国工业交通部门在设备维修管理方面,曾经多年沿袭前苏联于 20 世纪 50 年代所推行的一套传统的管理模式,该模式在维修方式上采用以工作时间为基础的计划预防维修制。显然,这种维修制度已不能适应当今工业交通企业发展的需要。自 1987 年国务院颁布《全民所有制工业交通企业设备管理条例》后,我国工业交通企业的设备管理进一步摆脱了旧的传统管理模式的束缚,进入了一个新的发展时期。交通运输机械设备维修理论及实践也出现新的面貌,涌现出许多新事物。在此期间,各航运和港口企业也纷纷推出许多改革举措。这表明,我国在吸收和学习国外先进的设备管理理论和技术,形成自己的管理模式方面已迈出一大步。在此基础上,交通部“九五”科技发展规划提出:在“九五”期间对运输设备的维修策略和制度进行研究,建立现代化的运输设备维修管理体制,确保交通的安全和提高营运效率。这个发展规划有力

地推动了交通运输机械设备管理的新发展。

我们 5 位作者来自高校和交通企业,自 20 世纪 80 年代后期开始共同从事新的维修理论、制度和方式的研究,承担校企合作项目。特别在 20 世纪 90 年代中期,根据交通部“九五”科技发展规划要求,我们荣幸承担了交通部的重点课题,开展了有关运输机械维修策略研究及智能决策支持系统的开发工作。在多年的理论研究、实践探索和学习国内外经验的基础上,我们提出了一种维修策略和模式,即针对性维修策略。针对性维修策略是以复杂的、流动性强的运输机械系统为对象,以可靠性维修为中心,采用设备管理工程学及运筹学的有关理论、方法,适应我国交通企业实际情况的一种管理模式。与这一种维修模式相配合,我们同时开发了建立在状态监测基础上的计算机辅助维修决策支持系统。通过实施,这一维修管理模式和决策支持系统取得了良好的效果,得到了省部级鉴定会的肯定,获辽宁省科技进步三等奖,并于 1999 年被交通部定为重点科技成果推广项目。

通过实践,我们深刻体会到,交通运输机械设备是一类复杂的装备,它是当代许多先进技术的综合,它的维修管理,既关系到体制改革的问题,又涉及到许多新的技术和方法。欧洲维修联盟在 1992 年的一次国际会议上认为,维修是为了未来的投资。开展维修管理体制和维修方式的研究,无论在理论上和实践上都有重要意义。

本书以港口流动运输机械和船舶机械为例,论述了交通运输机械设备针对性维修策略的理论依据及内涵,介绍了与之相配套的维修决策支持系统,以及实施针对性维修制的实例。本书还涉及到有关的维修体制、可靠性与维修性理论、维修决策理论、故障诊断技术及应用、维修方式和维修类型决策、预测和仿真技术在维修决策中的应用等。

全书分 11 章。第 1 章和第 3 章的一部分由严立撰写,第 3 章

的另一部分和第 5、6、9 章由朱新河撰写,第 2、4、7、10 章由严志军撰写,第 8 章由范世东撰写,第 11 章由杨国秀撰写。全书由严立教授统稿。

本书部分章节由齐良教授进行了仔细的审阅,并提出了宝贵的意见,对此我们表示衷心的感谢。参与课题研究的钟骏杰、丁华平、李萍、严新平、王贤峰,以及武汉理工大学、烟台港、大连港、南京港、秦皇岛港及南通港的有关领导和技术人员,为本书提供了许多有价值的素材或在共同研究和实践中付出了辛勤的劳动,他们的贡献对本书至关重要,我们对他们一并致谢。

受主客观因素所限,书中定有不足之处,恳请读者不吝赐教。

作 者

2001 年 9 月

目 录

1 设备维修科学和体制的发展	(1)
1.1 设备维修体制发展的 3 个阶段	(2)
1.2 设备维修科学发展中的几种典型理论和模式	(6)
1.3 我国设备维修管理体制的发展	(27)
1.4 21 世纪交通运输机械维修展望	(31)
2 可靠性和维修性理论	(42)
2.1 可靠性	(42)
2.2 常用的分布函数及其数学特征	(51)
2.3 机械设备及零件的寿命分析	(54)
2.4 维修性	(58)
2.5 机械设备的可用度	(61)
2.6 更新理论简介	(62)
2.7 维修方式对可靠性的影响	(69)
3 针对性维修策略	(78)
3.1 概述	(78)
3.2 针对性维修策略的理论依据	(79)
3.3 针对性维修策略的主要内容	(91)
3.4 针对性维修管理体制的特点和发展方向	(100)
4 维修决策原理与方法	(102)
4.1 概述	(102)
4.2 维修决策中涉及的决策原理简介	(105)
4.3 维修决策中涉及的有关经济分析问题	(112)

5 交通运输机械维修方式划分策略	(118)
5.1 维修方式	(118)
5.2 维修方式的选择原则	(122)
5.3 维修方式的综合目标逻辑判断法	(125)
5.4 维修方式的模糊数学分类法	(127)
5.5 专家系统在维修方式决策中的应用	(130)
5.6 交通运输机械维修方式决策实例	(136)
6 机械设备状态监测和以状态监测为基础的维修	(139)
6.1 概述	(139)
6.2 状态监测技术	(140)
6.3 点检制和“三检两修”制	(165)
6.4 合理检测周期的确定	(181)
7 交通运输机械维修类型决策	(195)
7.1 概述	(195)
7.2 机械设备技术状态变化及其评价指标	(198)
7.3 机械设备技术检测的参数与标准	(209)
7.4 机械设备维修类型决策逻辑与模糊综合判别法	(216)
7.5 机械设备维修内容和时机决策方法	(228)
7.6 机械设备维修类型决策实例分析	(230)
8 定期维修方式和合理维修周期求解策略	(235)
8.1 定期维修方式概述	(235)
8.2 维修周期概述	(238)
8.3 基于可用度的合理维修周期仿真求解	(242)
8.4 基于磨损运行可靠度的合理维修周期求解策略	(248)
8.5 综合多种方法的合理维修周期求解策略	(253)
9 预测和仿真技术在维修中的应用	(255)
9.1 概述	(255)
9.2 预测的基本原理	(256)

9.3	预测实例	(265)
9.4	缸套—活塞环磨损状况仿真	(276)
9.5	神经网络技术在缸套—活塞环摩擦副监控中的 应用	(282)
10	基于针对性维修策略的维修决策支持系统的实现	(286)
10.1	设备维修决策支持系统的概念与基本原理	(286)
10.2	设备维修决策支持系统功能简介	(291)
10.3	故障字典子系统	(295)
10.4	维修方式决策模块	(300)
10.5	维修周期求解模块	(304)
10.6	维修类型决策模块	(305)
10.7	设备维修决策支持系统的运行环境及其他	(308)
11	针对性维修制在实践中的应用	(310)
11.1	针对性维修制在港口装卸机械中的实践	(310)
11.2	针对性维修制在船舶机械中的实践	(318)
	参考文献	(325)

1 设备维修科学和体制的发展

半个多世纪以来,设备维修业有了巨大的发展。从世界范围来看,它已从简单的技艺发展成为一门科学,从生产的从属行业发展成为社会经济的重要支柱产业,从设备管理中的一个作业活动发展成为一项系统工程,这是由社会发展的需求所牵引和科学技术迅速发展的结果。

在世界新技术革命浪潮的推动下,企业的装备发生了巨大的变化。就设备维修活动而言,这些变化对人员素质、维修装备、维修策略、维修计划、维修费用等方面都提出了新的严峻的挑战。^[1]对于现代交通工业生产来说,实施更合理的维修制度、采用更有效的维修策略以及开发更先进的维修技术迫在眉睫。

欧洲维修联盟认为,维修是为了未来的投资。在新的世纪里,应当把设备维修的理论、维修制度和策略、维修技术的研究作为交通科技发展的重点之一。

本章将对设备维修体制的演变和维修理论的发展做一概述,并提出 21 世纪的维修活动应当把以可靠性为中心的维修理论作为指导,采用设备管理工程学及运筹学的有关理论、方法,以确保系统综合效益最高为原则,实施针对性维修策略;应当在先进的状态监测和故障诊断技术的基础上,采用科学的维修决策方法;应当使维修活动真正成为主动的、预知的、高效的生产活动,使交通运输事业的快速发展建立在可靠的技术保证体系上。

1.1 设备维修体制发展的3个阶段

设备维修作业是一项历史悠久的生产活动。作为整个企业生产管理的一个组成部分,设备维修管理方法主要经历了经验管理、统计管理、运筹管理、系统管理等几个过程,与之相对应,设备维修体制的发展经历了事后维修、预防维修和现代维修管理等3个阶段。

1.1.1 事后维修阶段

第一阶段(1950年以前)是经验管理阶段,或叫事后维修阶段,包括第二次世界大战以前的设备管理工作。在18世纪和19世纪,工业化进程中相继出现了以蒸汽机和电动机为代表的两次飞跃,完成了从工场手工业发展到大机器生产的工业革命。但当时的生产规模较小,机器设备的技术水平和复杂程度仍很低,设备结构简单,而且多数是超强度设计的,设计安全系数大,因而设备可靠且容易修理。那时的工业领域,资本不像现在这样密集,较少依赖于机器的连续作业,也不需要复杂的维修系统,设备的利用率和维修费用问题没有引起人们的注意,设备即使发生故障对生产的影响也不大,对设备故障也缺乏认识,主要通过感官如眼睛、耳朵等判断,因此采用“坏了才修,不坏不修”的维修策略,叫做事后维修。维修基本上属于一门操作技艺,设备维修工作主要是建立在经验管理的基础上,整个设备维修体系没有什么科学性可言,事后维修几乎是这个时期唯一的设备维修方式。此时期,检修人员从操作人员中分离出来是社会生产的一大进步,也是现代生产的标志之一。

1.1.2 预防维修阶段

第二阶段(20世纪50年代至60年代)是预防维修阶段。随着工业生产的发展,机械设备本身的技术要求和复杂程度随之提

高了,机器的故障或事故对生产的影响也显著增加,特别在第二次世界大战期间和以后,情况更有明显的变化。战时对各种产品的需求量大大增加,这促使生产迅速发展和机械化程度不断提高。战后,随着科学技术水平的提高和社会财富的迅速积累,这种势头继续扩大。到20世纪50年代,各类设备不仅产量上升,而且结构复杂,工业化国家的生产越来越依赖于机械设备。同时,由于设备的大型化和高效率,设备发生故障时对人员、设备本身和周围环境所造成的影响随之增大,因此,停机损失就越来越成为生产活动中的主要矛盾。另外,设备维修费用相对于其他生产费用也开始急剧增加。在这样的背景下,产生了预防设备故障的想法,并逐渐形成了新的较为科学的管理体系——预防维修,以便在事故发生前就进行检修或更换零部件。这种维修方式对设备的科学管理起到了积极的作用。

这一阶段的设备维修管理是基于如下的认识,即设备故障是可以进行定期预防的,其依据是它们的故障率呈现浴盆形式的变化趋势,也就是说,设备在使用寿命周期中,故障率呈现出由递减到恒定,最后到递增的变化趋势。统计数据表明,一些设备在使用初期,因其固有的缺陷而具有较高的故障率,随着使用时间的延长,这些缺陷在磨合、维护和修理过程中被逐渐消除,故障率呈现下降的趋势。在其后的一个相当长的间隔期内,故障率保持一个较低的恒定值,这个间隔期是设备的主要工作期。随着工作时间的进一步延长,设备由于劣化积累的结果进入耗损期,故障率急剧增加。这时,只有进行较彻底的修理,设备才能重新恢复到较低的故障率水平。这种变化趋势表现出一种设备技术状态周期变化的特性,应当实施定期预防维修方式。

这一阶段代表性的管理模式有前苏联的定期计划预防维修制度(简称计划预修制)和美国的预防维修体制。计划预修制把设备维修纳入计划的轨道,使设备在运行一定时间后,按照既定的计划

进行检查、维护和修理,其主要内容是确定修理周期结构和修理复杂系数。美国提出的预防维修体制以检查为主,与前者不同之处是较注意维修的经济性,一般根据设备实际情况安排维修计划。这两种预防维修体制在减少故障和事故、减少停机损失、提高生产效益方面,与事后维修制相比有很大的进步。

第二阶段的维修管理理论基本上是与当时的生产实际相适应的,对生产的发展起到了重大的推动作用。但在实践中,以上两种设备管理模式也暴露出一定的局限性,即:

①把主要工作局限在设备的维护和修理阶段上,而不是全寿命周期(研究→设计→试制→制造或选型→安装调试→使用→维修→改造→报废)的管理。

②设备的前半生的管理和后半生的管理脱节。

③只侧重设备的技术管理,忽视技术、经济和组织相结合的统一管理。

④受垂直专业职能分工的影响,未把与设备有关的机构协调和组织起来。

⑤只局限部分人员和机构参加,未把全员组织和协调起来,尤其是忽视操作人员在设备管理中的重要作用。

1.1.3 多种维修体制并行的现代维修管理阶段

最近 30 年来,设备管理科学迅速发展,这些发展体现在以下 3 个方面。

①在工业生产中,对设备有效利用率、生产安全性、维修费用、产品质量等方面的要求比以往任何时候都要高得多。在安全性方面,许多重大事故都造成了严重的后果。特别应指出,20 世纪六七十年代以来,设备趋向于自动化、集成化,结构越来越复杂,设备故障规律也不仅仅是浴盆曲线,其中相当一部分零部件的故障属于偶发性故障,具有随机性,因而事后维修制和预防维修制已不能降低系统故障率。在费用方面,维修已成为排在毛坯材料之后居

第二位的高费用支出项目,因而它已成为降低生产成本的重要内容。

②在新一代设备管理中,特别强调全员、全过程的管理,使管理工作渗透到所有与之相关的领域。这些领域包括维修的工艺技术管理、维修人员和使用人员的组织管理、原材料和备件的管理、设备故障的管理、新设备研制开发管理等方面。在管理活动中更加重视理论的指导作用,统计学、可靠性工程、人机工程、排队论、对策论、价值工程、存储论、规划论和系统工程等都逐步地被应用于设备的管理活动中。

③在发展维修新工艺的同时,在故障机理研究、故障诊断技术上取得重大进展,状态维修在技术上有了良好的基础。网络技术、分级管理技术、全寿命费用分析等有关组织计划管理、生产管理和经济管理的一系列技术也在不断地涌现和发展,计算机成了管理工作的重要工具,这些都为实现管理的目标提供了可靠的技术基础。

设备管理发展进入现代阶段,而现代设备管理涉及学科领域广泛,已成为一门边缘的、综合性的、系统的学科。一方面,前苏联、美国、英国、日本、瑞典等国家的设备管理工程都基本形成了自己的设备管理体系,并各具特色;另一方面,设备管理的新趋势、新思想和新模式仍不断地涌现,给这门学科注入了新的活力。这一阶段的特点是多种维修体制并行发展。这些维修体制都强调维修的主动性和维修策略的灵活性,把设备的可靠性和利用率放在首要位置上来确定维修方式,其中较典型的有后勤工程学、设备综合工程学、全员生产维修制、以可靠性为中心的维修、全面计划质量管理、以利用率为中心的维修等。

1.2 设备维修科学发展中的几种典型理论和模式

1.2.1 后勤工程学和生产维修体制

经典的后勤学源于军事,是指有关调拨、贮藏、输送、宿营、粮秣、装备等方面的工作。美国于 20 世纪 60 年代在经典的后勤学的基础上,吸收了寿命周期费用、可靠性、工程学等现代理论而形成和发展了后勤工程学(logistics)。后勤工程学是体现设备一生综合管理和保障的比较完整的科学。

1.2.1.1 后勤工程学的定义

1974 年,美国后勤工程师学会对后勤工程学做了如下定义:“后勤工程学是研究资源的需求、设计、供应和维修,并以后勤保障、计划作为对象的管理艺术、管理科学和工程技术。”^[2]根据后勤学研究的内容来看,它就是将科学的分析方法应用于制定产品、系统、计划和计划的实施。在设备管理上则是研究设备从起到报废为止全过程的有效性和经济性,它的目标要求制造者与使用者双方的实际总成本减少到最低限度,把产品、系统的效能提高到适宜程度。

1.2.1.2 后勤工程学的特点

后勤工程学有以下 5 个特点:

- ①追求产品、机构、程序、设备等最低的周期性成本。
- ②使产品等从出厂到用户的整个过程中的实际总成本减少到最低限度,使机构能达到最适宜的有效程度。
- ③强调可靠性和维修性。
- ④着重于全过程的后勤支援。
- ⑤是集综合经营管理、工程学及其他科学技术于一体的一门综合工程学。