



经济管理学术文库·管理类

设备维修经济学原理与方法

——设备维修的黄金原则

Economics of Equipment Maintenance
Principle and Method

陈后宋 / 著

 经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

非外借



经济管理学术文库·管理类

设备维修经济学原理与方法

——设备维修的黄金原则

Economics of Equipment Maintenance
Principle and Method

陈后宋 / 著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

设备维修经济学原理与方法：设备维修的黄金原则/陈后宋著. —北京：经济管理出版社，2018.9
ISBN 978-7-5096-5947-2

I. ①设… II. ①陈… III. ①企业管理—设备管理 IV. ①F273.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 192513 号

组稿编辑：杨国强

责任编辑：杨国强 王 洋

责任印制：黄章平

责任校对：张晓燕

出版发行：经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址：www. E-mp. com. cn

电 话：(010) 51915602

印 刷：三河市延风印装有限公司

经 销：新华书店

开 本：720mm×1000mm/16

印 张：18

字 数：283 千字

版 次：2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-5096-5947-2

定 价：88.00 元

·版权所有 翻印必究·

凡购本社图书，如有印装错误，由本社读者服务部负责调换。

联系地址：北京阜外月坛北小街 2 号

电话：(010) 68022974 邮编：100836

自序

机器设备是现代工业生产的物质基础。在市场激烈竞争的时代，机器设备生产率的高低和现代化水平如何，直接关系到企业的生死存亡，也关系到一个国家综合实力的提升。

机器设备是物化了的资金，马克思说它是固定资金或固定资本。如何提高这种固定资金的效率，增强企业的竞争力是本书研究的一项主要课题。它主要涉及企业设备管理与维修领域的两个最根本的问题：一是机器设备最佳的使用期（更新周期），马克思说的是“机器的中年期”；二是机器设备最佳的修理间隔期，降低设备维修费，马克思说的是“追加资金”。本书的使命就是要在理论上为解决这两个最根本的问题提供基本思路。因为各种机器设备由于工作环境不同，其平均寿命也不一样。因此，在处理同一个问题时不可能采用同一个时间标准，故在理论上只能提供基本思路。

马克思之所以提出“机器的中年期”这个概念，无非是为了提高固定资金的利用效率，减少追加资金的预付，提高企业的竞争力。问题是“机器的中年期”这个概念缺乏可操作性，到底使用到何时才算是“机器的中年期”？这在国内外也可能根本就没有人研究过。我对这个问题之所以感兴趣，因为我是个集技术、经济、管理和实践经验于一身的人，喜欢从技术、经济和管理这几个方面来探索设备管理中的一些难题，在理论上，主要是研究以上所说的“设备管理与维修领域的两大最根本的问题”。

在20世纪80年代初，我国经济学家遇到一个难题：那时我国固定资产（设备）的折旧率很低，平均只有3%左右，因而企业里的机器设备使用时间很长，长达三四十年，其所带来的后果是生产效率很低，维修费用很高，企业经济效益

很差。那时有些经济学家提出要求提高我国固定资产折旧率，加快老旧设备更新。但按照我国传统的折旧理论，提高固定资产折旧率，就意味着增加产品成本，减少利润，减少国家财政收入。这就是当时我国固定资产折旧率长期冻结的原因所在。对此，经济学家们也束手无策。

为了解决这个难题，也是为了让“机器的中年期”这个概念具体化，我前后花了几年时间对这个问题进行全面的研究。研究的结果与传统的折旧理论（观点）刚好相反：提高设备折旧率，缩短相应更新周期，不仅不会增加生产成本，反而会降低生产成本，增加企业利润。为此，我在20世纪80年代初发表的4篇文章表明了自己的观点（见第四篇的“论文集”1~4这几篇文章）。在文章中提出了设备使用周期（更新周期）从原来的平均30多年缩短到12年左右（即两个大修周期）也不会增加生产成本。这也是设备最佳的更新周期，还相当于马克思说的“机器的中年期”（详见第二篇）。我的观点得到了我国已故著名经济学家孙冶方同志的认可和支 持，当时他就将我的《让重工业为主的整个工业充满活力》这篇文章发表在1982年2月8日的《世界经济导报》上。

由此可见，我的理论与方法不仅得到了我国著名经济学家的赞同，同时也使“机器的中年期”这个概念中国化、具体化、公式化、表格化（见表9-1），从而使其具有可操作性。“机器的中年期”，从表中可以看出，对一般设备来说，应在两个大修理周期；对于大、精、尖设备可延长至三个大修理周期比较合适。一个大修理周期一般在6~7年左右（指两班制）。

这在理论上解决了设备管理与维修的第一个最根本的问题——最佳的使用期（更新周期）。所谓“最佳”就是只有一个标准，就是机器设备使用到第几个大修理周期，其年度折旧费和维修费之和最少？也只有用这个标准才能符合马克思说的“机器的中年期”的本意。这里说的将它中国化，主要理由是我在研究这个问题时所采用的各种参数都来自于我国企业里的原始数据，如最主要的参数有“设备修理周期结构”和“维修费用”以及“大、中、小修理费用与设备原值之比值的 关系”等，都是我平常在工作中积累起来的一些原始数据。

“机器的中年期”也可以理解为“设备的经济寿命”——设备使用到哪一年份其年度维持费用最低。现在各种教科书中讲的“经济寿命”计算起来都很

复杂，而且都不接地气，因为它们用的原始数据（每年的维持费）都是假定的。本书用的原始数据都来自于企业里的实际维修费和折旧费，所以表中所列的“折旧费和维修费之和”是接地气的，故它完全可以让“机器的中年期”这个概念具体化和数字化。除此之外，我想再也不会有其他更科学的办法来解释“机器的中年期”这个概念，更不会有人用更先进的方法来确定设备最佳的使用期（更新周期）了。

通过表格不仅能使“机器的中年期”这个概念具体化、数字化，同时还能使经济寿命和设备寿命周期费用的计算表格化。如表 2-1 最后一行“设备寿命周期维修费用与原值之比（倍数）”，分别为 7.7、5.5、3.51、1.94 和 0.7，也就是说，当机器设备使用到 5 个大修理周期时，其一生的维修费相当于原值（购置费）的 7.7 倍，当用到 2 个大修理周期时，其比值为 1.94 倍。以此类推。如当时购置费为 10 万元，使用 2 个大修理周期，其寿命周期费用为 $10+1.9\times 10=10+19=29$ （元）。如用 1 个大修理周期，则其寿命周期费用为 17 万元（10 万元的购置费加上 7 万元的维修费）。那为什么“机器的中年期”定为 2 个大修理周期而不是 1 个大修理周期呢？因为两个大修理周期的两项费用之和最低（折旧费+维修费）。我们从表 2-1 第 1 行可以看出，设备折旧年限分别为 30 年、24 年、18 年、12 年和 6 年时，其相对应的两费之和与原值之比（第 4 行）分别为 28.9%、27.0%、25.5%、24.4% 和 28.2%，由此可见，12 年（两个大修理周期）的最低，1 个大修理周期，一般为 6~7 年左右，所以从理论上说，无论是经济寿命，还是最佳更新周期，或是最佳折旧年限，或是“机器的中年期”都是 2 个大修理周最合算。也就是说，设备使用年限从原来的 30 年缩短到 12 年也不会增加生产成本，因为“年度维修费”的节省额大于“年度折旧费”的增加额。年度维修费节省额： $25.7\%-16.5\%=9.2\%$ ；年度折旧费增加额： $8.3\%-3.3\%=5\%$ ，由此可见，从理论上论证了设备使用时间从原来的 30 年（5 个大修理周期）缩短到 12 年（2 个大修理周期），不仅不会增加生产成本，反而会降低生产成本，增加企业利润，增加国家财政收入。这就是我这个理论的核心所在。

这个核心有一条黄金原则：当设备使用到 2 个大修理周期需要大修时，不管有无精神磨损，不要再安排大修，必须及时更新这些老旧设备，将省下来的大修

理费，加上 10 多年的折旧费（折旧基金）用于设备更新。这是上乘之策。这就是所谓的设备维修的黄金原则——设备不得不修，但也不宜多修；也可以称为“设备更新的黄金原则”。或写成“设备维修（更新）的黄金原则”——只有及时更新已折旧完而又需要大修的旧设备才是最合算的。

由此可见，我设计出的这张表格所列的这些内容不仅解决了当年我国经济学家们都难以解决的问题，同时，还使“机器的中年期”这个概念用数据来说话：这个“中年期”就是 2 个大修理周期（12 年左右）。

这里必须强调的是，无论是经济寿命，还是最佳的折旧年限，或最佳更新周期，讲的都是 2 个大修理周期而不是 12 年。因为 2 个大修理周期（12 年）是按两班制作业为依据推算出来的，如果是一班制作业的，其大修理周期就不是 6 年了；如果是三班制作业，其大修理周期应更短一些。在实际工作中，这一切都要以企业里的各种机器设备的实际大修理周期为依据，即使有些企业不搞大修或没有明确的修理周期结构也没有关系，因为设备在一个大修周期内它的维修工作总量是固定的，设备的磨损并不因你的修理周期结构不同而改变。这也是我采用“大修理周期”作为分析比较单位的原因（见表 2-1 第 1 行）。

以上所讲的是“设备管理与维修”的第一个最根本的问题——设备最佳使用周期（更新周期），即马克思说的“机器的中年期”。下面再讲第二个最根本的问题——如何确定机器设备最佳的修理间隔期。

我们知道，我国的设备修理过去是等到设备坏了再修，不坏是不修的。这样就带来一个后果——设备事故频发。后来引进苏联的计划预修制，做到有计划地进行维修，但这个维修计划不一定都能科学地反映设备的磨损情况，要么造成过度维修，要么造成维修不足。在 20 世纪 80 年代又引进了美国和日本的生产维修设备，它主要是通过设备的各种点检（日常点检、专业点检等）来发现问题，再来编制维修计划。但这样就带来了大量的点检工作，而日常点检是由操作工人负责的，这样时间一长他们就会偷懒，应付一下了事，这就直接影响到点检的质量。更何況一台设备由许多个零部件构成，你不可能都进行点检。因此，如何使每个零部件都能修得其所，提高设备维修的经济性和可靠性，就成了设备维修管

理工作的一大难题；或者说如何确定设备最佳的修理间隔期是设备维修管理的一大难题。

根据我的经验，我们在修理设备时更换下来的零部件，其中有一些是提早更换了，其实它们还可以使用很长一段时间（叫剩余寿命）；有一些其剩余寿命短一些，也有一些是损坏了，不能再用，这就不安全了，可靠性低。鉴于这些实际情况，我提出了“零部件寿命残存率”这个概念。它是零部件剩余寿命与其平均寿命之比。据此我总结出一条基本原理：“零部件寿命残存率与经济性成反比，与可靠性成正比”。也就是说，提早更换了的零部件其经济性差（浪费大），但安全性好，即与可靠性成正比。设备维修经济学就要在经济性与可靠性（技术与安全）两方面做文章，根据不同的对象处理好这两者的关系。本书第三篇讲的就是这个问题。它通过三个计算公式对相关要素进行量化，也就是说设备什么时候修，零部件更换的周期长短都用数据说话，不是像以前那样凭经验、拍脑袋。这就是所谓的“设备量化维修管理模式”。它在理论上要使每个零部件根据其所处的重要程度和价值高低来考虑其寿命残存率应该是多少，以实现设备修理间隔期最优化。如同样是发动机，装在飞机上，它的可靠性要求是100%；装在汽车上，它的可靠性有80%就可以了；装在拖拉机上，它的可靠性要求还可以更低一些，如平均寿命相同的发动机装在拖拉机上可以使用更长的时间（更换周期更长一些），这样就能提高它的经济性（物尽其用，尽量少浪费）。在工厂里的各种生产设备所有的零部件都可以按此原理确定它们各自合理的可靠性，并以此来确定它们合理的更换周期（即最佳的修理间隔期）。这就是“设备量化维修管理模式”的全部含义。这种维修管理模式在国内外设备管理史上还是第一次。2014年我提出《设备量化维修管理模式》（中国的TYZ）后，就得到了中国现代设备管理研究院院长、国际著名设备管理专家李葆文的赞同和肯定，并获得了2014年度该院优秀论文奖。

本书除了以上讲的两个设备管理最根本的问题之外，还提出了对“超期服役设备不能低评，更不能不评”的理念（主张）。这个理念（主张）关系到国有资产的增值、保值或减少和防止国有资产流失的问题。这个问题也是从我国实际存在的情况提出来的，详见本书第四篇“论文集”中的《设备资产评估的理论与实

践》这篇文章。其他文章也都针对我国在设备管理与维修领域中存在的问题发表我的观点和看法。它们也都构成了这本《设备维修经济学原理与方法》的重要内容。

作者

2018年5月20日

前 言

设备是靠不断地维修延长其使用寿命的，如单从技术角度而言，设备的使用寿命如同人一样可以长命百岁；但维修是要产生各种费用的，这就是“设备维修费”。马克思称它为“追加资本”。设备维修的价值在于它的经济性，而这种经济性不是无限的——设备越修越旧，费用越修越高，效率越修越低。因此，这种经济性是有一定限度的。为此，有关研究设备维修经济性限度的理论与方法也就构成了设备维修经济学的重要内容。这里，笔者今天提出了一条设备维修的黄金原则：设备不得不修，但也不宜多修。它是市场维修的产物，是设备维修经济学赖以建立的客观基础。建立这个新学科的宗旨是：使设备用得合理，修得其所；其目标是追求设备有比较合理的更新周期和修理间隔期。

马克思说过：“机器越是超过它的中年期，因而正常的磨损越是增多，构成机器的材料越是消耗和衰老，使它维持到平均寿命的末期所需要的修理劳动就越频繁、越多。正像一个老年人，为了防止不到时候就死去，必须比一个年轻力壮的人支付更多的医药费”。^①

从马克思这一段论述中我们不难看出，机器设备也同人一样有它的中年期，超过这个中年期再继续使用，在经济上不一定合算。笔者认为，马克思有关“机器的中年期”的学说，应是国有资产管理和设备维修管理的重要理论依据，也是设备维修经济学的理论基础。

设备维修经济学是以马克思有关“机器的中年期”这一重要理论为指导思想，以“设备维修的黄金原则”为客观依据，来研究设备维修的经济性的。这就

^①《马克思恩格斯全集》第24卷，第195页。

是设备维修经济学的使命。我国现在至少有几千万亿元的设备固定资产，要想提高这些固定资产的经济效益，必须从技术、经济和管理几方面进行综合研究各类机器设备最佳的更新周期和修理间隔期，不断降低设备一生的维修费，真正能做到“设备不得不修，但也不宜多修”。这是一门大学问，也是一门新学问。这门全新的学问就是设备维修经济学。它不是来自各种本本，而是来自笔者从事设备管理40余年的实践经验。笔者在这40余年里也发表了20多篇论文和110万字的专著——《现代工业设备管理》。这些学术成果于2003年编入由中央文献出版社出版的《强国丰碑——人才强国科教卷》，编辑部对笔者的评价是：“陈后宋这些著作和论文最大的特点是技术与经济和管理相结合。这是他一生的成功之处。”本书也是一本集技术、经济和管理于一体的专著。

本书与同类书最大的不同在于它的独创性与新颖性，是一本集技术、经济、管理和实践经验于一体的代表作。本书第一次提出了“设备既是生产者又是消费者”和“零部件寿命残存率与经济性成反比、与可靠性成正比”等设备维修经济学基本原理（第一篇）；第一次将马克思有关“机器的中年期”的思想中国化、具体化；第一次提出了“缩短设备更新周期，相应提高折旧率，不仅不会增加生产成本，相反，会降低生产成本”的观点；第一次提出了“设备维修的黄金原则”（第二篇）；第一次提出了“设备量化维修管理模式”（第三篇）。这些“第一”构成了本书两大特独的理论体系：一是研究设备维修经济性的理论体系；二是建立了设备量化维修管理模式的理论体系。

第四篇的“论文集”应证了中国人民大学经济系沈亮安教授于1985年为拙作《现代工业设备管理》写的“序言”中的一段话：“陈后宋同志是从事设备管理工作多年的工程师，不仅具有较丰富的实践经验，更可贵的是他对设备的经济管理问题有着浓厚的兴趣，能够从技术和经济两个侧面探索设备管理中的一些重要问题，并且曾经提出了某些值得人们重视的改革意见。”收集在这个“论文集”中的16篇文章，都是笔者早在20世纪80年代初就开始探索设备管理中的一些重要问题，直到2014年发表的最后一篇文章《试谈中国的TYZ》。这些文章都反映出笔者几十年如一日地重视从技术与经济和管理三方面来探究设备管理的重大问题。笔者今天可以说，这种“结合”早已融化在本人的血液中。就拿本文开头

这一段内容来说，设备维修本身是技术问题，从技术上来说，设备可以像人一样长命百岁。这是技术问题。但维修是要发生各种费用的，这种费用与设备使用时间是成正比的；如何降低这种费用，就需要研究设备维修的经济性。这是经济问题。在研究这种经济性的基础上提出“设备维修的黄金原则”，这是管理问题。由此可见，这一段简短的论述，实质上就体现出这种“结合”已深深地融化在笔者的理论与观念里。这本书就是这种“结合”的代表作，也是我国经济管理领域的一大创举。

过去，我国的设备维修管理模式都是学习外国的，如20世纪50年代先是学习苏联的计划预修制，80年代又开始学习美国的生产维修（PM）和日本全员参加的生产维修（TPM），以及英国的《设备综合工程学》等。本书的正式出版，不仅标志着中国也有了自己创造的“设备维修经济学”，同时，也标志着我国在设备管理领域终于有了一本完全具有自主知识产权的作品——《设备维修经济学原理与方法》。

笔者已是87岁高龄的老人了，这本书也是本人从事设备管理工作40余年唯一能留给后人的代表作。

笔者在《中国设备工程》2004年第8期上发表了《设备维修经济学初探》，14年后的今天将当年的“初探”修成了“正果”——《设备维修经济学原理与方法》。这本书的正式出版，也就实现了本人的中国梦！说实在的，80多岁了还出书不是为了评职称，总想为社会、为国家发最后一点点余热罢了！

限于水平，书中有不当和错误之处，敬请读者批评指正。

陈后宋

2018年5月于杭州

目 录

第一篇 设备维修经济学原理

第一章 设备既是生产者又是消费者	003
一、设备自身的两重性原理	003
二、设备都有最佳使用周期	004
三、设备的两种磨损的补偿方法	005
本章思考题	007
第二章 中国化的“机器的中年期”	008
一、理解马克思的“机器的中年期”	008
二、确定设备最佳折旧年限	009
三、“机器的中年期”的估算方法	015
四、设备寿命周期费用的简算法	018
本章思考题	018
第三章 设备维修的黄金原则	020
一、设备维修黄金原则的含义与来历	020
二、黄金原则是“陈氏理论”的灵魂	022
三、黄金原则关乎微观经济和宏观经济的发展	023

四、大力宣传黄金原则的现实意义	024
本章思考题	026
第四章 零部件寿命残存率是 TYZ 的根	027
一、零部件的寿命残存率概述	027
二、零部件寿命残存率与可靠性成正比	029
三、零部件寿命残存率与经济性成反比	031
四、设备成新率取决于零部件的残存率	032
本章思考题	033
第五章 设备无形磨损的普遍性与两面性	034
一、设备无形磨损的普遍性	034
二、设备无形磨损的两面性	035
三、设备无形磨损的应对策略	036
本章思考题	038
第六章 设备修理间隔期的客观性与相对性	039
一、设备修理间隔期的含义	039
二、修理间隔期的客观性与相对性	040
三、确定修理间隔期的方法与依据	043
四、按零部件失效规律确定修理间隔期	044
五、设备过多修理的负面影响	047
本章思考题	051
第七章 设备技术与经济的统一性原理	052
一、设备既是生产工具又是物化了的资金	052
二、设备实物运动形态的管理	053
三、设备价值运动形态的管理	055

四、合理的使用年限就是技术与经济的统一	057
本章思考题	059
第八章 设备两种形态变化的规律性	061
一、设备实物形态和价值形态的同步性	061
二、设备实物形态和价值形态的背离性	063
三、设备实物形态和价值形态的可逆性	064
四、设备实物形态和价值形态的反向性	064
五、如何加强对两种形态负背离的管理	065
六、账面价值为零的设备不一定没有使用价值	067
本章思考题	071
 第二篇 设备维修的经济性研究 	
第九章 研究设备维修经济性的限度	075
一、“机器的中年期”是个经济概念	075
二、研究设备维修经济性限度的理论依据	076
三、研究设备维修经济性限度的具体方法	077
四、对各种研究项目与数据的分析	080
本章思考题	084
第十章 设备维修经济性限度的估算方法	085
一、设备修理周期结构的概念	085
二、设备维修经济性限度的估算方法	087
三、对大修理费用改变的敏感性检验	092
四、对中小修理费用改变的敏感性检验	095
五、这种估算理论与方法的现实意义	101

本章思考题	102
第十一章 研究设备一生的维修费的重要意义	104
一、我国传统折旧理论的片面性	105
二、研究设备一生的维修费的现实意义	107
三、有待解决的若干重大问题	108
本章思考题	110
第十二章 设备维修经济学就要算经济账	111
一、设备管理人员要学会算经济账	111
二、设备折旧率与更新周期的关系	112
三、设备维修费的静态与动态分析的比较	113
四、设备更新周期与 LCC 的关系	116
五、设备更新周期与工业现代化的关系	118
六、设备更新周期与设备可靠性的关系	119
七、原样更新设备比旧设备更经济	122
本章思考题	127

第三篇 设备量化维修管理模式 (TYZ)

第十三章 TYZ 管理模式概述	131
一、什么叫 TYZ?	131
二、TYZ 的一个重要概念——零部件寿命残存率	138
三、计算零部件寿命残存率的方法	143
四、设备可靠性与零部件寿命残存率的关系	144
本章思考题	149

第十四章	TYZ 管理模式的新颖性和科学性	150
一、	TYZ 管理模式的新颖性	150
二、	TYZ 管理模式的科学性	151
三、	TYZ 管理模式的前沿性	153
四、	TYZ 管理模式的挑战性	154
五、	TYZ 管理模式的特点	155
	本章思考题	156
第十五章	应用举例与实施步骤	157
一、	以可靠性求修理间隔期	157
二、	以修理间隔期求可靠性	159
三、	以经济性求可靠性	160
四、	实施 TYZ 管理模式的步骤	161
	本章思考题	164
第十六章	实施 TYZ 管理模式的若干措施	165
一、	严格控制零部件的寿命残存率	165
二、	残存率的标准化和系列化	166
三、	残存率与相对修理损失的关系	167
四、	做好零部件使用寿命的统计工作	173
五、	学习与可靠性有关的基础知识	175
	本章思考题	178
第十七章	TYZ 管理模式的若干理论研究	179
一、	概 述	179
二、	故障率曲线与正态分布的关系	180
三、	正态分布的形状与标准偏差的关系	182