

工业生产的 维修管理

〔英〕A.凯利 M.J.哈伦斯 著

GONGYE
SHENGCHANGDE
WEIXIUGUANLI

机械工业出版社

工业生产的维修管理

[英] A. 凯利 M. J. 哈伦斯 著

蒋云庭 译



机械工业出版社

本书较全面论述和总结了现代工业生产的维修管理问题,是根据英国曼彻斯特大学培养设备综合管理学(Tero-technology)研究生的有关要求来编写的。书中除简要介绍现代管理科学和现代化管理工具在设备维修管理中的应用之外,还十分重视介绍设备状态监测技术,并列举三个实例进行分析。

本书可供工业企业设备管理的技术人员和管理人员参考。

**Management of Industrial
Maintenance**

A. KELLY M. J. HARRIS

Butterworth & Co(publishers) Ltd, 1978

* * *

工业生产的维修管理

[英] A. 凯利 M. J. 哈伦斯 著

蒋云庭 译

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本787×1092 1/32·印张 9·字数192千字

1982年5月北京第一版·1983年12月北京第二次印刷

印数7,801—14,300·定价0.93元

*

统一书号: 15033·5271

原 序

同以往相比，今天我们使用的生产设备，其自动化程度要高得多，规模也要大得多，购置这些设备需要大量的资金。由于维修资源的价格相当高，设备能否有效利用对产品成本更有着直接的影响。因此，从提高企业利润率这一角度来看，维修工作显然已经成为一个不容忽视的、关键的因素。另一方面，维修工作的内容亦大为改观，复杂性增加了，涉及的技术领域扩大了，因之，对它的管理也就变得愈来愈困难。因而，合理的推论必然是：维修这一重要的职能环节，理应受到同生产环节一样的认真对待。遗憾的是，这种情形并未发生，除少数大型的过程加工工业外，在英国工业界的心目中，维修至今仍然是一个受到忽视的灰姑娘。从高等院校来看，情况也并非理想，他们很少在这一领域内投入力量，从事必要的教学或研究工作，更难找到既适应实际需要，同时水平又较高的（不一定在数学上），讨论维修工程及其管理的书籍，结果，上述状态就更难得到改变了。关于这一点，只要和生产技术及管理方面的出版情况稍作对比，就会十分清楚。

因之，写这一本书的目的就在于，填补技术文献内这一明显的空白。在取材上，我们希望不但能对直接或间接在工业维修领域内从事专业工作的人有所帮助，同时也尽可能满足综合大学或工业院校对这类教材的需要。为写此书，我们利用了：

1. 作者以机械工程师学会的名义进行指导，主要取材于经验总结的有关教材；

2. 在曼彻斯特大学工程系的赞助下进行的研究课题和咨询项目:

3. 1976年曼彻斯特大学设置的, 为取得设备综合管理工程学硕士学位应修的课程。

所以, 书中有几章是由有经验的工程技术人员撰写的, 其他材料的相当一部分则来自对工业维修现状的实际分析。

第一章从为什么要维修、维修工作的特点以及维修费用等几方面回顾了有关维修业务的某些一般性问题, 目的是为了强调可靠性和可维修性对维修工作量的重大影响, 这一内容我们还要在第三章内作更为详尽的说明。第二章讨论决策和故障统计理论, 以及后者在故障原因分析方面的具体应用。维修工作的规划和组织见第四和第五章。借助于电子计算机模拟的问题解决方法见第六章。第七和第八章主要对第五章的内容进行补充, 前者讨论备件组织问题, 后者则介绍一种有效的规划方法即网络分析法。第九章对状态检测这一课题作了广泛的考察, 看来, 状态检测正逐步形成维修规划工作的重要基石, 因而不容忽视。在第十和第十一章内我们将介绍一些对维修工作十分有用的管理技术, 如操作测定和故障位置逻辑检查法等, 近十多年来, 这些方法已成为维修部门所经常使用的标准工作方法了。最后, 第十二和第十三章分别给出了具体的实例分析, 它们将有助于说明, 先前各章的一些内容是怎样应用到实际中去的。

总之, 我们写这本书的目的, 是为了帮助目前正在或将来有可能从事技术管理工作的人员, 对工业生产维修及其相应技术有个基本的了解。为了能有效地组织或管理好这一重

要环节，这种了解当然是必不可少的。假如说，管理的目的是为了能控制设备而非为设备所控制的话，那末，就有必要对维修这一业务进行专门的、认真的研究。

A. K.

M. J. H.

目 次

第一章 维修管理引论	1
1-1 维修和赢利	1
1-2 维修管理和设备综合管理工程学	2
1-3 维修的作用	4
1-4 维修目标、计划和控制	7
1-5 小结	11
第二章 决策与故障统计理论	14
2-1 决策的性质	14
2-2 故障统计理论浅说	16
2-2-1 均值、方差和标准偏差	17
2-2-2 概率密度函数	19
2-2-3 故障概率、幸存概率和定时故障率	25
2-2-4 维泊尔概率密度函数	29
2-3 故障统计理论在维修和可靠性工程中的应用	35
2-4 故障统计理论应用于维修管理时的局限性	46
第三章 可靠性工程及维修	49
3-1 引言	49
3-2 设备在整个使用期限内的故障特征	49
3-3 成套设备的可靠性预测	51
3-3-1 串联组件	53
3-3-2 并联组件	54
3-3-3 可靠性及预防维修	56
3-4 可维修性预测	57
3-5 实例分析之一 确定设备的有效利用率	58
3-5-1 有效利用率概念	58
3-5-2 方法	59

3-5-3 对方法的说明	60
3-5-4 实例分析	61
3-5-5 结论	71
第四章 维修计划	73
4-1 引言	73
4-2 维修方针、预防维修和改善维修	74
4-2-1 故障发生前的定期更换或修理	75
4-2-2 状态监测维修	77
4-2-3 时机维修	77
4-2-4 故障的处理和改善维修	78
4-2-5 无维修设计	78
4-3 维修方案的确定	79
4-3-1 设备的分类和标识	80
4-3-2 资料收集	80
4-3-3 方针选择	80
4-3-4 预防维修计划	83
4-3-5 改善维修的准则	84
4-3-6 维修组织	85
4-3-7 示例	85
4-4 更新策略	86
第五章 维修资源的组织	90
5-1 引言	90
5-2 维修资源的结构	90
5-2-1 维修力量的配备	91
5-2-2 维修力量的布局	91
5-2-3 维修力量的规模	93
5-3 行政结构	94
5-3-1 引言	94
5-3-2 基本概念	94
5-3-3 管理和生产职权 生产和维修的关系	95

5-3-4 多工种管理对行政结构的影响	96
5-4 作业计划和进度计划编制	97
5-4-1 引言	97
5-4-2 维修作业计划编制要领	98
5-4-3 维修作业计划示例	100
第六章 组织维修工作的定量方法	105
6-1 排队论	105
6-1-1 原理	105
6-1-2 单路和多路排队模型	106
6-2 模拟	111
第七章 备件库存管理	120
7-1 目标	120
7-2 复杂化的因素	120
7-3 科学的库存管理	122
7-3-1 计算经济订货量的简单模型	123
7-4 安全储备	125
7-4-1 双架系统的简化模型	126
7-4-2 定期检查系统	130
第八章 网络分析及其在维修计划和控制中的应用	133
8-1 引言	133
8-2 网络法计划编制初步	135
8-3 计算机辅助网络分析	145
8-3-1 利用计算机进行网络法计划编制的优点	145
8-4 设备非工作周期程序的制订	147
8-4-1 设备非工作周期内的控制	148
8-5 设备非工作周期计划编制示例	150
第九章 状态监测维修	152
9-1 状态监测的类型	153

9-2 状态监测方法	154
9-2-1 不停机监测技术	154
9-2-2 停机监测技术	158
9-3 通用监测技术	161
9-4 状态监测的系统运用	161
9-4-1 记录保存	162
9-4-2 趋向监测——寿命曲线	162
9-4-3 监测技术的形式化评价方法——LEO法	164
9-4-4 LEO 法简例	166
9-5 润滑油监测	169
9-5-1 润滑油监测技术	170
9-5-2 利用润滑油监测所能发现的异常运行	171
9-6 热状态监测	172
9-6-1 测温部位	172
9-6-2 温度监测装置	172
9-6-3 利用热状态监测所能发现的异常运行	175
9-7 振动和噪音监测	176
9-7-1 产生振动和噪音的原因	176
9-7-2 测量振动还是噪音?	177
9-7-3 装置	177
9-7-4 振动或噪音的信号	179
9-7-5 实用的振动监测技术	185
9-8 成套设备的状态监测程序	199
第十章 维修管理技术	203
10-1 方法研究	203
10-2 操作测定	208
10-2-1 基本概念	208
10-2-2 操作测定的过程	209
10-2-3 维修操作测定	211
10-2-4 维修操作测定的费用和效果	215

10-3 操作抽样法在维修中的应用·····	216
10-4 故障位置逻辑检查法·····	218
第十一章 行为科学和维修管理·····	226
11-1 引言·····	226
11-2 瑞典在改革工作体制方面的一些观点·····	230
第十二章 实例分析之二 维修力量的改组及动机 ·····	233
12-1 引言·····	233
12-2 背景 ·····	233
12-3 调查·····	237
12-4 机构的建立·····	237
12-5 机构的特点·····	239
12-5-1 组织·····	239
12-5-2 操作测定·····	241
12-6 效果·····	244
12-7 系统扩展·····	244
12-8 结论·····	244
第十三章 实例分析之三 维修管理的研究 ·····	246
13-1 引言·····	246
13-2 背景·····	246
13-3 开采作业概况·····	248
13-4 柴油机修理体制·····	249
13-5 柴油机维修系统的费用分析·····	250
13-5-1 直接费用·····	250
13-5-2 间接费用·····	252
13-6 装料机的费用、有效利用率和故障分析·····	252
13-7 柴油机维修系统的组织和控制 ·····	254
13-7-1 矿下维修计划·····	255
13-7-2 地面维修计划·····	256
13-7-3 大修组·····	257

13-7-4 修复组·····	257
13-7-5 备件组织和控制·····	258
13-8 讨论及建议·····	259
13-8-1 操作失误·····	259
13-8-2 无维修设计·····	260
13-8-3 维修·····	260
13-8-4 修理方针·····	261
13-8-5 大修方针·····	261
13-8-6 地面修理车间·····	262
13-8-7 对修复件和备件的组织和控制·····	262
13-9 结论·····	262
索引·····	263

第一章 维修管理引论

1-1 维修和赢利

生产就应赢利。就是说，利用设备和劳力应将低价值的原材料转化为高价值的成品。

简单地说，所谓利润，是指产品销售的收入与产品制造及销售费用之差。费用有两种：固定费用（如设备和厂房费用）和可变费用（如材料费用）。影响赢利的因素很多，如顾客需求、产品价格、设备能力、设备投资及寿命、以及设备运行费用等。维修工作之所以会影响赢利，是因为它和设备能力、运行费用等有直接关系。通过维修能提高设备性能和利用率，但也增加了运行费用。生产维修部门的目标应该是：在上述不同影响之间实现最佳平衡，换言之，应使维修部门对提高赢利的贡献最大。

十多年来，赢利和维修的依存关系日见紧密。这是由于：生产设备的规模不断加大；停产损失愈来愈严重；维修业务更为专门和复杂，维修费用增长十分迅速。1971年，英国技术部经营效率提高委员会在一份报告内估计，英国每年在维修上所花的钱约为30亿英镑^[1]。它认为，只要改进维修管理工作，针对设备寿命的各个阶段，认真处理影响维修效果的各种因素，则维修费用是能够大幅度下降的。从那时起，研究在寿命周期内如何降低维修费用的理论，称为设备综合管理工程学^[2]。

1-2 维修管理和设备综合管理工程学

设备综合管理工程学的研究范围和相互关系见图1-1。生产设备在其寿命周期内要经过几个阶段，先是设计，最后为更新^[3]。在设备运行阶段所需的维修工作量受其他各阶段很多因素的影响。

从设计阶段看，主要因素为可靠性和可维修性。它们应和设备性能、投资以及运行费用等同时考虑。在安装阶段，可维修性仍然是一个重要因素，因为只有安装在安装阶段，有关维修的多因素特征才开始暴露。试运行阶段不但要对技术性能进行检验，它本身也提供了一个学习过程，从中可知：有什么设计错误；在什么地方；应怎样消除等。最后，贯穿在整个寿命周期之内，应该形成一个良好的学习系统。

学习系统的功能是，在维修问题各领域内收集和提供信息，以便确定最佳的管理方式。设备的设计是一个连续过程，故信息的反馈也应连续；不但反馈到设备制造单位，可能的话，还应反馈到公司内部、国内、甚至在国际范围内都能共享的数据库中去^[4]。这样作困难很大，它们也正是设备综合管理工程学在推行时所面临的主要障碍：通信系统昂贵；在设备寿命周期内，不同的单位有着不同的目标。

本书无意全面讨论设备综合管理工程学的的所有问题。我们只打算研究其中的一个环节，即维修管理这一重要课题，它对设备的运行影响极大。所谓维修管理，是指对维修资源的管理和组织，它应使生产设备的有效利用率和性能达到某一预定水平。维修部门的领导有两个主要任务——决定维修的规模和性能；以及为满足这一维修要求，对人力、备件和

影响运行的各种因素

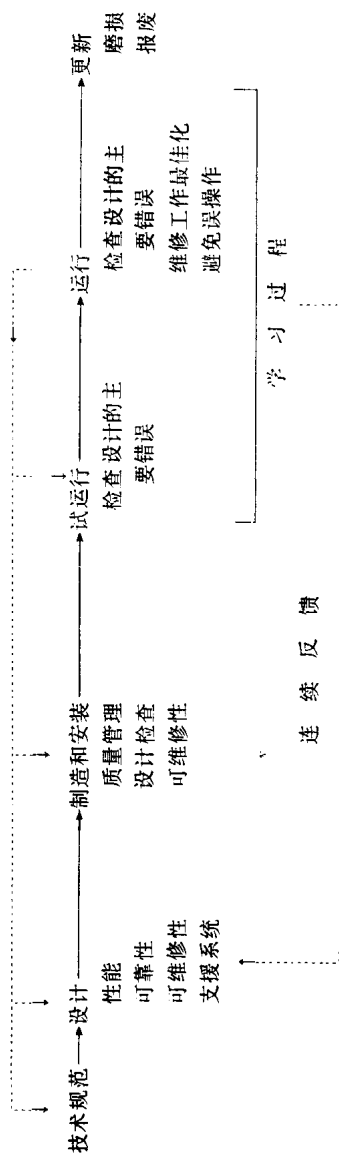


图1-1 设备寿命周期及影响维修费用的各种因素

装备进行组织和管理。这些问题以后要深入探讨，暂时只提以下两点看法：

1. 设备用户必须和设计-制造-安装部门密切合作，以能全面分析影响可靠性和可维修性的各种因素^[5]。维修的费用（停工损失及资源费用）愈高，合作就愈重要；设备一旦投入运行，再想提高可靠性和可维修性，就要付出很大代价。

2. 维修部门必须和生产部门密切合作，以便在维修资源费用和有效利用率之间建立最佳平衡。如果设备有效利用率不高，而费用变化又很大时，这一点就更为重要。

1-3 维修的作用

维修为以下一些工作内容之组合：更换、修理、保养或修改设备的某些零部件。目的是在规定的时间内，保证设备能以预定的有效利用率进行运行。

有效利用率有很多种定义方法，但最基本的是下面这种^[6]：

$$\text{有效利用率} = \frac{T_{\text{up}}}{T_{\text{up}} + T_{\text{down}}}$$

（在规定期限内）

式中 T_{up} ——在正常工作状态下累计的运行时间；

T_{down} ——累计的停机时间。

定义时假设，只存在两种确定的状态，即工作状态（1）和故障状态（2）。当然，实际上还存在很多中间状态。为考虑这些中间状态，上式应略修改；这并不难，也不会改变其基本设想。

只当停机引起维修要求时，维修部门才能对有效利用率

发挥影响。因此，如想把有效利用率当作衡量维修管理效果的指标看待，就应对 T_{down} 作些修改。图1-2列出了影响停机的一些主要因素，并说明了它们和有效利用率之间的联系。这些因素中最重要的是可靠性和可维修性。它们在设计阶段就已形成，因而是一种内在的特性；但以后对维修工作量的影响非常大。设备的可靠性（详见第3章）定义如下⁷：在规定的时间内，在一定的条件下，能够实现预定功能的概率。有时候，可以用故障前平均时间（MTTF）衡量可靠性的好坏。设备的可维修性（决定于设计和安装阶段）定义如下³：在给定的期限内，利用特定的资源，能被修复到规定性能状态的概率。例如，可以用平均修复时间（ $\bar{M}$ ）或平均预防性维修时间（MPMT）进行表示。此时，有效利用率可改写如下：

$$\text{有效利用率} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \bar{M}}$$

（在规定期限内）

从根本上说，引起可靠性和可维修性不高的原因，只能在重新设计时加以消除。但这通常并非维修部门的职责。

维修部门之影响有效利用率，更直接地，是通过预防维修和改善维修实现的。预防维修定义如下：在预定期限内，为减少设备性能降至合格水平以下的可能性，所应进行的维修工作。换言之，通过预防维修，应降低设备不可靠性的影响。预防维修可按周期（或按状态）进行，在实施时可要求停机。预防维修计划的制订是一个相当困难的管理课题，细节在第4章内讨论。

改善维修定义如下：在设备运行时，当出现故障，或性能降至合格水平以下时，所应进行的维修工作。因故障而引