

设备综合工程学概论

徐扬光 编著

4

国防工业出版社

309225

设备综合工程学概论

徐扬光 编著

国防工业出版社

前 言

设备综合工程学 (Terotechnology) 又可译作设备综合管理学或设备管理工程学, 是英国在 1970 年首先创立的一门学科。从 1974 年起, 英国已经在斯劳工业大学及其它大学开设了与机械工程学、电气工程学相并列的设备综合工程学, 把它确定为工程学的一个专门课程。

设备综合工程学问世后, 日本设备工程协会 (JIPE) 对其非常重视, 曾多次派遣考察团赴欧洲考察和参加有关的国际会议。所以, 人们对设备综合工程学的认识迅速提高。1971 年以来, 日本设备协会大力提倡全员生产维修 (简称 TPM), 并认为“全员生产维修是以设备用户为中心的日式设备综合工程学的实践”。七十年代末期, 我国的设备工作者开始从日本将设备综合工程学理论和实践引入我国。

建国以来, 我国设备制造业的发展非常迅速, 以金属加工设备的拥有量而言, 已跃居世界第三位。之所以能取得如此巨大的发展, 无疑是由于设备的硬件方面基础牢固, 使得制造技术取得了巨大的进步。而另一方面, 不容忽视的一点, 即有关设备综合工程学的理论概念的推广, 以及管理方法等软件方面必须同步前进, 以获得应有的技术效能和经济效益。

为了适应我国经济体制改革的需要, 使我国的设备工程、设备管理日臻完善和更加科学化, 认真研究工业发达国家设备工程学的各种理论和方法, 吸取有益的成分和经验, 联系实际借鉴运用, 已显得迫切需要。这就是作者编写本书的目的。

本书定名为《设备综合工程学概论》, 是由于综合工程学是一门边缘学科, 涉及有关学科的内容和范围既深又广, 因此, 本书只能就工程学和管理学的理论加以概略的论述。至于有关设备

工程的某项具体问题，还需要查阅有关的专门论著。

本书共分十三章，根据设备综合工程学的定义和特点，分为总论、工程经济、工程技术和工程管理等四个方面，并参照设备工程的两个阶段（规划工程和维修工程）加以综合论述。

在编写过程中，作者曾将本书主要内容中的第五、七、八、九、十、十三章的摘要，作为专题论文在国内有关刊物上发表过，其余部分内容则在设备管理训练班上讲授过，或在设备维修学会上交流过。其目的是广泛征求各方面的意见，尽可能提高本书的质量。

但是，迄今为止，设备综合工程学远不是一门已经完备的工程学，尚处于发展阶段。无疑，随着今后的发展，还需对本书内容加以修改和补充。另一方面，由于作者水平有限，不当和错误之处在所难免，谨请读者批评指正。

本书是在航空工业部设备管理协会的直接支持和指导下编写的。协会会长郑爽西为本书提出编写原则，协会正、副秘书长张仲行、鲁桂香对本书提出不少改进意见。在编写过程中，还得到上海市设备管理协会、中国设备管理培训中心、《设备维修》杂志社、上海市机械工程学会设备维修分会和国防工业出版社等单位的有关领导和同志们的大力支持和热忱帮助，在此一并表示衷心感谢。

主要符号说明

- A 利用率 (有效度)
- B 年平均折旧费, 偶发故障期
- B_i i 级保养 (三级保养制)
- B_r 大修折旧费
- B_t 第 t 年的折旧额
- C 原始价值, 成本
- C_i 单位产品成本有关设备费用部分, 设备年平均费用
- C_m 机械能力指数
- C_p 工序能力指数
- C_{PM} 设备工程能力指数
- C'_{PM} 当量工程能力指数
- c 成品的单价
- D 交货期 (器材调拨期), 动力费用
- dB_i 正常冲击水平
- dB_N 冲击水平增加值
- dB_{sv} 实际冲击水平
- E 材料费用, 年输出量
- E^* 最大年输出量
- E_s 系统效果
- F 修理复杂系数
- F_A 现值系数
- F_B 同额支付现值系数
- F_{PR} 资金回收系数
- f 可变费用增长系数
- G 全技能指数

目 录

主要符号说明	1
--------------	---

第一篇 总 论

第一章 设备综合工程学的基本概念	5
1-1 设备管理发展概况	5
1-1-1 设备管理发展简史	5
1-1-2 传统设备管理的局限性	7
1-1-3 设备综合工程学的产生	8
1-2 设备综合工程学的特点	8
1-2-1 设备综合工程学的含义	8
1-2-2 设备综合工程学的特点	9
1-3 设备综合工程学的产生过程	12
1-3-1 新概念的形成	12
1-3-2 英国设备综合工程学委员会的成立	13
1-4 国外设备综合工程学发展概况	14
1-4-1 英国	14
1-4-2 日本	16
1-4-3 联邦德国	18
1-4-4 瑞典	20
1-4-5 美国	21
1-4-6 欧洲维修团体联盟	22
1-4-7 亚洲设备维修团体联盟	23
1-5 我国的设备管理和维修简况	24
1-5-1 设备管理和维修工作的概况	24
1-5-2 当前设备管理存在的主要问题	26
1-5-3 贯彻《全民所有制工业交通企业设备管理条例》推进设备管理现代化	27
第二章 设备工程和生产活动	30
2-1 设备和设备工程	30
2-1-1 设备和成套设备的含义	30
2-1-2 设备分类	33

2-1-3 设备工程和设备管理	36
2-2 设备一生的系统处理方法	37
2-2-1 设备的系统处理方法	37
2-2-2 规划工程和维修工程	39
2-3 设备工程和生产活动	41
2-3-1 设备工程在生产活动中的地位	41
2-3-2 现代化企业中设备工程的特点	42
2-3-3 企业方针和设备工程的任务	44
2-4 设备工程 and 环境保护	45
2-4-1 设备和公害	45
2-4-2 大气污染及其防止措施	46
2-4-3 水质污染和废水处理	48
2-4-4 噪音及其控制方法	50
2-5 设备工程 and 安全生产	54
2-5-1 工厂事故概述	54
2-5-2 事故原因分析	55
2-5-3 设备的安全技术	56
第三章 设备工程的组织和教育	58
3-1 设备工程的组织原则和机能	58
3-1-1 设备工程的组织原则	58
3-1-2 设备工程的机能	61
3-2 组织机构的形式	64
3-2-1 基本的组织形式	64
3-2-2 设备工程的典型组织机构	67
3-3 设备工程人员的职责和要求	69
3-3-1 设备工程人员的素质要求	69
3-3-2 设备工程人员的职责	70
3-3-3 设备工程师应具备的素质	72
3-4 设备工程人才的培养和教育	74
3-4-1 设备工程师的培养	74
3-4-2 维修人员的教育和训练	77
3-4-3 维修教育的实例	79

第二篇 设备工程经济

第四章 设备工程费用的估算和预算	83
4-1 费用估算概述	83

4-1-1 费用估算的意义	83
4-1-2 费用估算的程序	84
4-2 规划工程费用的估算	86
4-2-1 规划工程估算方法的应用	86
4-2-2 详细单价估算法	88
4-2-3 机器比率法	89
4-2-4 费用系数法	91
4-2-5 0.6乘法	93
4-2-6 根据资金回收率进行估算的方法	94
4-3 维修工程费用的估算	94
4-3-1 费用的组成和分析	94
4-3-2 设备使用阶段费用的估算法	98
4-3-3 修理复杂系数及其估算法	99
4-4 设备工程费用预算的编制和管理	100
4-4-1 设备工程费用预算的编制	101
4-4-2 成本管理	103
第五章 设备工程的经济性评价	105
5-1 设备寿命周期费用的最佳化	105
5-1-1 设备寿命周期费用曲线	105
5-1-2 设备经济性的评价标准	107
5-2 设备一生的收益分析	108
5-2-1 收益方程式	108
5-2-2 设备一生的最大收益	110
5-2-3 设备的寿命	112
5-3 设备投资(规划阶段)的经济性评价	112
5-3-1 设备投资计划及其分类	112
5-3-2 经济计算方法	114
5-3-3 投资回收期法	116
5-3-4 成本比较法	118
5-3-5 投资利润法	121
5-4 设备使用阶段的经济性评价	124
5-4-1 维修费用效率	124
5-4-2 维修费用综合评价	125
5-5 设备租赁、外购和自制的经济性评价	127
5-5-1 设备租赁及其费用分析	127
5-5-2 设备的自制或外购	128
第六章 设备更新及其经济性分析	130

6-1 设备的磨损	130
6-1-1 设备的有形磨损	130
6-1-2 设备的无形磨损	132
6-1-3 设备的综合磨损	134
6-2 设备大修理工程经济	136
6-2-1 设备大修理的技术经济实质	136
6-2-2 评定设备大修理经济效果的方法	137
6-3 设备更换工程经济	140
6-3-1 设备更换的意义	140
6-3-2 设备更换的评价方法	142
6-3-3 最大总收益法	144
6-3-4 最小年均费用法	146
6-3-5 劣化数值法	147
6-4 设备现代化改装工程经济	150
6-4-1 设备现代化改装的意义	150
6-4-2 设备现代化改装的技术经济分析	151
6-5 设备折旧	153
6-5-1 设备折旧的经济意义	153
6-5-2 折旧率的计算方法——直线折旧法	154
6-5-3 加速折旧法	155
6-5-4 复利法——偿还基金法	157

第三篇 设备工程技术

第七章 设备的技术状态管理	159
7-1 概述	159
7-1-1 设备的基本特性	159
7-1-2 设备质量特性的形成过程	163
7-1-3 设备技术状态的综合评定方法	164
7-2 设备完好技术状态的评定	164
7-2-1 设备完好标准	164
7-2-2 设备完好率的评定	166
7-3 设备综合精度的评定	167
7-3-1 设备精度指数	167
7-3-2 对精度指数的分析	169
7-4 设备的分类划级办法	171
7-4-1 分类划级办法	171

7-4-2 设备的分级管理	173
7-5 设备工程能力分析	176
7-5-1 设备工程能力和工程能力指数	176
7-5-2 设备工程能力简易判断法	180
7-5-3 设备不合格原因的分析	182
7-5-4 设备工程能力的判别和处置	184
7-5-5 设备工程能力在设备管理上的应用	185
第八章 设备的可靠性	187
8-1 可靠性的含义	187
8-1-1 引言	187
8-1-2 可靠性的定义	188
8-1-3 可靠性的特征量	189
8-2 可靠度函数和故障分布	191
8-2-1 可靠度函数	191
8-2-2 设备的故障理论	198
8-2-3 设备故障的三个阶段	199
8-2-4 全寿命周期特性曲线的分析	203
8-2-5 设备修理周期的预测	206
8-3 设备的可靠性设计	210
8-3-1 可靠性设计应考虑的项目	210
8-3-2 可靠性预测	211
8-3-3 冗余性设计	214
8-3-4 可靠度分配	217
8-4 可靠性费用	221
8-4-1 改进可靠性的费用	221
8-4-2 费用最佳化	222
第九章 设备的维修性	224
9-1 维修性的基本概念	224
9-1-1 维修性与维修度	224
9-1-2 维修度函数	226
9-1-3 利用率(有效度)	228
9-1-4 可维修、有储备的系统	230
9-2 设备的维修性设计	231
9-2-1 维修性的决定因素	231
9-2-2 与维修性有关的其它因素	235
9-2-3 改进维修性设计的实例	236
9-3 维修性费用	240

9-3-1 设备总费用的最佳化	240
9-3-2 维修的直接费用和间接费用	241
9-3-3 维修方式和费用	244
9-4 无维修设计	246
9-4-1 可靠性、维修性的理想极限是“无维修设计”	246
9-4-2 不需维修的家用电器	247
9-4-3 无维修设计系统的试行方案	248
9-4-4 减少维修作业的研究	249
第十章 设备检查和诊断技术	252
10-1 设备检查概述	252
10-1-1 设备检查的含义	252
10-1-2 设备检查的基本内容	253
10-1-3 官能检查和机械检查	254
10-2 预防性检查	257
10-2-1 日常点检	257
10-2-2 定期检查	261
10-3 官能检查的方法	266
10-3-1 官能检查的应用	266
10-3-2 官能检查的评定	267
10-3-3 官能检查的统计分析	267
10-4 设备诊断技术和状态监测维修	271
10-4-1 设备诊断技术的含义	271
10-4-2 诊断技术的基础	273
10-4-3 状态监测维修	275
10-5 实用诊断技术	277
10-5-1 设备诊断技术一览	277
10-5-2 热检测技术	281
10-5-3 润滑油检测技术	283
10-5-4 振动检测技术	284
10-5-5 设备诊断技术的应用	289
10-5-6 对设备检查和诊断技术的前景展望	296

第四篇 设备工程管理

第十一章 规划工程管理	301
11-1 规划工程的意义和内容	301
11-1-1 规划工程和规划管理	301

11-1-2	规划工程的主要内容	303
11-1-3	规划工程的组织	305
11-2	计划管理	309
11-2-1	日程计划	309
11-2-2	日程管理和调度工作	312
11-2-3	劳动管理	314
11-3	质量管理	316
11-3-1	设计过程的质量管理	316
11-3-2	施工过程的质量管理	318
11-4	成本管理	319
11-4-1	设计阶段的成本管理	319
11-4-2	施工阶段的成本管理	321
11-5	计划评审法的应用	322
11-5-1	计划评审法及其优点	322
11-5-2	网络图的构成和基本术语	325
11-5-3	最经济工期的计算	327
11-5-4	计划评审技术的计算方法	328
第十二章	维修工程管理	333
12-1	设备维修工程的意义	333
12-1-1	设备维修工程的含义	333
12-1-2	设备劣化造成的损失	335
12-1-3	设备维修的组织	338
12-2	设备维修的方式和体制	341
12-2-1	预防维修体制的基本内容	342
12-2-2	维修方式的选择	345
12-2-3	设备计划预修制的主要内容	348
12-2-4	三级保养大修制的主要内容	352
12-3	维修的施工管理和作业管理	354
12-3-1	维修施工管理	354
12-3-2	维修作业管理	359
12-3-3	组织维修工作的定量方法(排队论)	360
12-3-4	提高维修作业效率	362
12-3-5	维修作业标准化	363
12-4	维修效果和维修记录分析	366
12-4-1	维修效果的评定	366
12-4-2	杜邦公司的实例	369
12-4-3	维修记录及其分析	370

12-4-4 平均故障间隔期分析法	373
第十三章 有关设备工程的其它管理问题	378
13-1 设备工程的器材管理	378
13-1-1 器材管理和备件管理概述	378
13-1-2 器材消耗定额的制订	380
13-1-3 常备件的标准储备量	381
13-1-4 订货方式	384
13-1-5 库存管理标准的计算方法	387
13-1-6 标准订货量的确定方法	390
13-1-7 ABC分类管理法	392
13-2 润滑管理	394
13-2-1 润滑管理的目的和意义	394
13-2-2 摩擦、磨损和润滑	395
13-2-3 润滑管理的开展方法	398
13-3 设备工程的标准化	401
13-3-1 规程和标准的种类	401
13-3-2 规划工程的标准化	402
13-3-3 维修工程的标准化	405
13-4 设备的技术资料管理	406
13-4-1 资料管理的内容	406
13-4-2 图纸编号的分类代码	407
13-4-3 图纸的管理	409
13-5 信息反馈和管理	409
13-5-1 跨行业的信息交流	410
13-5-2 开展信息交流的方法	412
13-5-3 可靠性数据库	413
13-5-4 维修信息管理系统	416
参考文献	417
附录	418
表 I 指数函数表	418
表 II 泊松分布表	420
表 III 正态分布表	424
表 IV 正态分布的双侧分位数 (u_α) 表	428
表 V χ^2 分布的上侧分位数 (χ^2_α) 表	429
表 VI t 分布的双侧分位数 (t_α) 表	431
表 VII 时间因素计算表	433

主要符号说明

- A 利用率 (有效度)
- B 年平均折旧费, 偶发故障期
- B_i i 级保养 (三级保养制)
- B_r 大修折旧费
- B_t 第 t 年的折旧额
- C 原始价值, 成本
- C_i 单位产品成本有关设备费用部分, 设备年平均费用
- C_m 机械能力指数
- C_p 工序能力指数
- C_{PM} 设备工程能力指数
- C'_{PM} 当量工程能力指数
- c 成品的单价
- D 交货期 (器材调拨期), 动力费用
- dB_i 正常冲击水平
- dB_N 冲击水平增加值
- dB_{SV} 实际冲击水平
- E 材料费用, 年输出量
- E^* 最大年输出量
- E_s 系统效果
- F 修理复杂系数
- F_A 现值系数
- F_B 同额支付现值系数
- F_{PR} 资金回收系数
- f 可变费用增长系数
- G 全技能指数

- G_m 设备改装后年生产率
- G_n 设备更换后年生产率
- G_r 设备大修理后年生产率
- h 维修周期
- I 年间的保管费和利息
- i 利率 (利润率)
- J 库存费用
- K 设备剩余价值
- K_m 设备改装投资
- K_n 新设备价值 (设备更换投资)
- K_o 设备原始价值 (出厂价格)
- K_r 大修理费用总额
- K_i 设备重置价值
- k 资金回收率, 技能指数
- k_i 严格系数
- L 残值
- LCC 寿命周期费用
- M 维修费用, 最高库存量
- $M(t)$ 维修度
- m 平均故障间隔期, 最低库存量
- N 样本容量
- n 利息期间数 (偿还期)
- O 定期检查
- P 资金现值, 订货点, 投资额
- P_o 原始投资 (原始价值)
- P_R 利润的现值
- $P(x)$ 概率
- Q 订货量, 设备在修理周期内的产量
- R 利润 (年末支付的同额费用), 极差
- R_s 系统可靠度 (总可靠度)

$R(t)$	设备可靠度
R_t	总时差
r	年产量
S	未来值, 备件使用量
S_s	组间变动
s	标准偏差的推定值
s_m	设备质量分布标准偏差的推定值
T	设备精度指数, 设备使用年限
T_D	停机维修时间
T_d	大修理周期
T_0	累计试验时间, 最佳更换期
T_m	修理周期
T_P	精度实测值
T_r	精度允差值
T_U	设备工作时间
T_{ES}	最早开始时间
T_{LS}	最迟开始时间
t	设备使用的年分 (时间)
t_s	安全裕量
U	备件平均使用量, 维修费用综合评价基准值
u	标准离差变量
V	年可变费用 (年运行维修费用)
V_0	起始年可变费用
v	单价
W	一致性系数
w_i	i 分系统的加权因子
Y	总收益 (利润)
Y_1	总输入
Y_2	总输出
α	危险率 (风险率), 显著性水平

α_b	设备基本折旧率
α_i	零件磨损程度
α_j	设备无形磨损程度
α_m	设备综合磨损程度
α_p	设备有形磨损程度
α_r	设备大修理折旧率
β	设备抽查合格率
δ	技术要求(公差), 零件最大允许磨损量
δ_i	零件实际磨损量
δ_L	公差下限
δ_U	公差上限
ε	偏(分布有偏), 材料利用率
η	设备效率
η_i	报告期内维修费的完成率
θ	平均寿命
λ	故障率, 设备劣化系数
λ_m	采购期间的平均使用频度
λ_r	总故障率
λ_{0i}	基本故障率
μ	修复率
ρ	维修利用率
σ	标准偏差
σ_m	设备质量分布的标准偏差
σ_c	工艺质量分布的标准偏差
τ	资金回收期
ϕ	设备完好率
ψ	费用效率