

机电设备 失效预防手册

〔西德〕Allianz 技术中心 著



国防工业出版社

机电设备失效预防手册

〔西德〕Allianz 技术中心 著

栗 滋 等 译

栗 滋、刘天一 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是西德Allianz技术中心五十多年从事机电设备失效分析研究工作的经验,系统地讨论了各类机电设备从规划、设计、制造、安装直到使用运行各个阶段的失效问题、分析方法和预防措施。书中涉及到的机电设备有各种电机、发电机、电力电缆、汽轮机、燃气轮机、水轮机、锅炉、泵、压缩机、鼓风机、柴油机、起重机和装卸机械以及齿轮、轴承等重要机械零部件,同时列举了四百多幅失效案例图片。

本书为从事企业管理、质量控制、可靠性工程、工业安全和机电设备失效分析工作的人员提供了一本常备技术手册,也可供机电设备的设计人员,制造、检验、使用和维修人员阅读使用。

此外本书内容还涉及各种机电设备的国际验收技术标准、检验和维修制度等,对引进设备和技术的外贸部门也有一定参考价值。

Handbook of Loss Prevention
Allianz Zentrum für Technik
Springer-Verlag 1978

*

机电设备失效预防手册

栗 滋 等 译

栗 滋 刘天一 校

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 18³/₄ 474 千字

1983年1月第一版 1983年1月第一次印刷 印数: 0,001—8,400册

统一书号: 15034·2489 定价: 2.30元

中译版序言

本书译自西德“Allianz 技术中心”(Allianz Zentrum für Technik)编辑的、1978年由西德斯普林格出版社(Springer-Verlag)出版的英文版“Handbook of Loss Prevention”一书。德文原版书名为“Handbuch der Schadenverhütung”。本书还有意大利文、日文、法文和西班牙文版本。

Allianz 技术中心(简称AZT)是世界著名的“Allianz 保险公司”(Allianz Versicherungs-Aktiengesellschaft)的姊妹公司,设于西德慕尼黑—依斯马林(Ismaning-München),配合该公司的保险业务和为工商企业提供技术咨询服务,专门从事机电设备失效分析与预防工作。设有“材料技术”(Werkstofftechnik)、“测试技术”(Prüftechnik)和“机动车辆技术”(Kraftfahrzeug-technik)三个研究所。目前拥有工程技术专家120名和比较现代化的仪器设备。其任务是:(1)接受工业事故和机电设备失效案件的技术分析,判明失效原因,对其后效进行科学研究;(2)从预防失效和预防事故的角度出发,对各类机电设备的设计结构、材料和运行条件提出改进建议;(3)研制各类机电设备预防失效的无损检测方法,包括状态监控和报警装置。该技术中心平均每年处理各类机电设备失效案例达二万二千多件,其中签订合同列为研究项目的中、大型案例平均每年约六百多件,其余为较小的咨询项目。关于AZT的较详细介绍可参阅该中心出版的技术月刊《Maschinenschaden》51.Jg., 2/1978第45页,和本书原版第1.1~1.2节。《Maschinenschaden》是一本享誉国际技术界的独特刊物,专门登载机电设备失效研究和预防的技术论文及案例分析资料。

本书是AZT五十多年从事机电设备失效分析研究工作的经验总结。关于它的内容在本书正文第1章第1.1节“关于本书的内容”中做了介绍，此处不再赘述。机电设备失效分析和预防工作在我国日益受到重视，出版界陆续出版了有关的技术书籍，但类似于本书有系统地讨论各类机电设备从规划、设计、制造、安装（或装配）直到运行各个阶段的失效问题和预防措施的书 籍 还不多见。我们译出本书，希望它能在这个方面弥补某些不足。本书不仅为从事企业管理、质量控制、可靠性工程、工业安全和机电设备失效分析工作的人员提供一本常备技术手册，而且也可供机电设备的设计人员、设备制造、使用和维修人员参考。本书在许多方面涉及机电设备的验收技术标准、检验和维修制度等法规问题，对于了解国际机电产品验收标准和制度（这对引进设备和技术的外贸部门颇为重要），建立我国自己的机电设备检验和维修制度也将有一定的参考价值。

本书系按原书的1978年英文版译出，但在校对时参照了1976年德文第二版做了某些补充和更正。德文第二版的内容比英文版较为详细。我们对原书第1章的第1.1和1.2两节做了较大的删节和综合，合并为译文的第1.1节。中文译本还取消了原版第8章的8.8（印刷机）、8.9（框架锯）和8.10（刨花板压制机）三节，并把8.7（柴油机）一节并到第5章（流体机械）内，成为第5.7节。其余各章节则完全按英文版译出。

本书由中国科学院学部委员、一机部机械科学 研 究 院 副 院 长、总工程师雷天觉同志推荐与审定。参加翻译工作的有栗滋、童丽珠、龙维馨、孙惠琴、丁淳、李敏贤、白馨孙、陈学忠、李延江等同志；由栗滋、刘天一同志校对。由于我们水平有限、错误和遗漏在所难免，恳切希望读者提出批评指正。

一机部机械科学 研 究 院 科 研 处 第 二 研 究 室

英文版序言

“机电设备失效预防手册”的德文原版是Allianz 保险公司工程保险部的工程师们和“Allianz 技术中心”的科学家们与德国工业界几位代表人物经过多年编纂而完成的一部著作。它是Allianz 从事工业事故研究五十多年经验的总结。

本手册是以汇集机电设备和工程设施失效案例及失效预防措施要点的形式而成为工程界技术文献的一个补充，因而跻居于为从事机电设备规划、设计、制造和运行工作的工程技术人员所赏识的技术手册之列。

本手册自1972年德文第一版发行以来（德文第二版出版于1976年），受到工业界的很大重视和广泛赞赏，这使Allianz 公司在传统上一向把失效预防工作置诸于为顾客服务事业的首要地位的作风受到鼓舞。

本手册英文版的问世将使它所包含的宝贵工程知识得以在国际间传播，我们期待以此与国际上的同行交换失效预防工作的经验和见解。本书英文版列出了德文原版上的全部参考文献，以便为国际上懂英语的专家提供一个文献索引，这些文献也许是他们还不太熟悉的。

编辑者

1978年4月 慕尼黑

目 录

1. 预防机电设备失效的任务和途径	1
1.1 关于本书的内容	4
1.2 机电设备预防失效的一般措施	6
1.2.1 制造厂预防产品失效的一般措施	6
1.2.1.1 规划阶段应考虑失效预防措施	6
1.2.1.2 设计和制造阶段应考虑失效预防措施	9
1.2.1.3 运输和储存, 安装、交付使用和试运转	11
1.2.1.3.1 运输的安全措施	12
1.2.1.3.2 安装和装配工地的安全措施	14
1.2.1.3.3 搬运和起重设备	17
1.2.1.3.4 气候条件	20
1.2.1.3.5 安装工地的防盗措施	22
1.2.1.3.6 安装工地的防火措施	22
1.2.1.3.7 制订通俗易懂、明确无误的规程说明书并保证执行	27
1.2.2 用户预防设备失效的一般措施	31
1.2.2.1 验收(试运转)前的措施	32
1.2.2.2 运行期间的措施	33
2. 电机, 电力电缆及监测设施	42
2.1 涡轮发电机	42
2.1.1 涡轮发电机的安装规划	44
2.1.2 涡轮发电机交付使用和运行	45
2.1.3 涡轮发电机运行期间的检查	50
2.2 三相电动机	57
2.2.1 高压三相电动机的安装规划	58
2.2.2 三相电动机的安装和试运转	60
2.2.3 三相电动机的运行和维护	62

2.2.4 三相电动机的检查	66
2.3 凸极电机	73
2.3.1 凸极电机的运行	74
2.3.2 凸极电机的运行检查	75
2.4 直流电机	82
2.4.1 直流电机的监控和维护	83
2.4.2 直流电机的运行检查	88
2.5 三相变压器	94
2.5.1 变压器设计和投入运行的技术条件	95
2.5.2 变压器的例行检查	98
2.5.3 变压器的定期检查	102
2.6 电力电缆	108
2.6.1 电缆网的敷设规划	108
2.6.2 电缆的贮存	110
2.6.3 电缆的敷设	110
2.6.4 电缆网投入使用前的检验	115
2.6.5 电缆网的使用和维护	115
2.7 电气保护、测量、调节和控制设备	118
2.7.1 规划与设计	118
2.7.2 投入使用前的检查和启用注意事项	120
3. 电子数据处理设备 (EDP 设备)	125
3.1 EDP设备制造厂预防事故的措施	128
3.2 EDP设备的用户预防事故的措施	130
3.2.1 计算中心的规划、建筑和设备	130
3.2.2 EDP设备使用期间预防事故的措施	137
3.2.2.1 维护措施	137
3.2.2.2 自动监视和保护装置	140
3.2.2.3 工作人员的监视任务	149
3.2.2.4 维修工作	150
3.2.2.5 定期检查	151

VIII

3.2.2.6 邻近地区的建设和工作和计算中心的改建工作	152
3.2.2.7 数据载体的保护措施	153
4. 蒸汽发生器——锅炉	156
4.1 水管锅炉	158
4.1.1 水管锅炉的制造、装配和服役运行	158
4.1.1.1 对规划和设计的要求	158
4.1.1.2 对制造、装配和投入使用的要求	161
4.1.2 水管锅炉用户预防事故的措施	164
4.1.3 水管锅炉的定期检查	168
4.2 炉膛	170
4.2.1 规划及设计	170
4.2.2 装配和投入使用	172
4.2.3 炉膛的运行	173
4.3 快速蒸汽发生器(快速锅炉)	176
4.3.1 防止失效的原则	176
4.3.2 定期检查	180
4.4 大水腔锅炉	182
4.5 蒸汽输送管路	187
4.5.1 管路的敷设规划和设计	187
4.5.2 制造、安装和投入使用	188
5. 流体机械	194
5.1 汽轮机	194
5.1.1 规划阶段预防失效的措施	200
5.1.1.1 确定交货规程中的责任范围	201
5.1.1.2 确定测试点	202
5.1.1.3 汽轮机发电机组的布局设想	202
5.1.2 设计和制造阶段预防失效的措施	205
5.1.2.1 蒸汽过滤器	205
5.1.2.2 快速断汽阀, 直接蒸汽, 过热蒸汽, 旁路站蒸汽 和抽汽用控制阀	207

5.1.2.3	控制和保护系统	210
5.1.2.4	转子和转子轮盘	213
5.1.2.5	汽缸及其紧固件、底板和轴承座	219
5.1.2.6	带润滑供油的径向和轴向轴承	222
5.1.2.7	动叶片和静叶片	224
5.1.3	安装和试运行期间预防事故的措施	228
5.1.4	运行期间预防事故的措施	230
5.1.4.1	蒸汽条件	230
5.1.4.2	监控和保护装置	231
5.1.4.2.1	预防低转速、超速和逆转运行的措施	231
5.1.4.2.2	预防蒸汽超压的措施	232
5.1.4.2.3	防止蒸汽温度过高或过低和防止蒸汽温度变化过大的措施	233
5.1.4.2.4	防止超载的保护装置	234
5.1.4.2.5	防止轴向间隙桥接的保护装置	234
5.1.4.2.6	防止径向间隙桥接的保护装置	234
5.1.4.2.7	防止运转失稳的措施	234
5.1.4.2.8	防止供油系统、径向和轴向轴承失效的措施	236
5.1.5	检查和维修	237
5.1.6	修理期间预防失效的措施	244
5.2	凝汽设备	246
5.2.1	凝汽设备的制造	247
5.2.2	凝汽设备的运行	256
5.2.3	检查和维修	261
5.2.4	重要参数的监控	264
5.3	离心泵	266
5.3.1	锅炉给水泵	268
5.3.1.1	规划和设计	269
5.3.1.2	运行经验	274
5.3.2	具有调节叶片的轴流式冷却水泵	285
5.3.2.1	规划和设计	285
5.3.2.2	装配和投入使用	292
5.3.2.3	运行经验	292

5.3.2.4	维护和检查	295
5.4	透平压缩机和鼓风机	297
5.4.1	规划、设计和制造	298
5.4.2	安装和交工试验	317
5.4.3	监测和保护设施	319
5.4.4	维护	320
5.4.5	大检修	320
5.5	燃气轮机	322
5.5.1	制造过程中预防失效的措施	324
5.5.1.1	规划	324
5.5.1.2	设计	327
5.5.1.3	制造和安装	331
5.5.1.4	交工试验的要求	332
5.5.2	运行期间预防失效的措施	333
5.5.3	定期的大检修	334
5.6	水轮机	337
5.6.1	制造厂预防失效的措施	339
5.6.2	运行中预防失效的措施	341
5.6.2.1	监测原则	344
5.6.3	定期检查和校正的项目	346
5.6.4	修理要点	348
5.7	柴油机	353
5.7.1	规划、设计、制造和装配	353
5.7.2	运行	359
5.7.3	定期检修	362
6.	起重机械和装卸机械	369
6.1	回转式起重机和装卸桥	370
6.1.1	规划要领	371
6.1.2	设计和制造	374
6.1.3	装配及投入使用	387

6.1.4	运行	390
6.1.5	预防暴风雨损害的措施	394
6.1.5.1	预防措施	394
6.1.5.2	停用期间的措施	398
6.1.6	起重机设施的保护装置	400
6.1.7	起重设施的维护、检查和大修	404
6.1.8	起重设施的修理	422
6.2	塔式起重机	431
6.2.1	预防失效的准则	431
6.2.2	安装、使用和拆卸	435
6.2.3	操作安全规则	445
6.2.4	检查	447
6.2.4.1	首次检查	448
6.2.4.2	结构改变后的检验	448
6.2.4.3	定期检查	449
6.2.4.4	专业定期检查	449
7.	工业炉	451
7.1	一般概念和失效概况	451
7.1.1	工业炉的定义	451
7.1.2	失效概况	452
7.2	工业炉的规划、设计、制造和安装	453
7.2.1	规划准则	453
7.2.2	设计准则	455
7.2.3	制造和安装的准则	458
7.3	工业炉投入使用的安全措施	461
7.3.1	首次加热前的措施	461
7.3.2	加热期间的主要措施	463
7.4	工业炉的运行	465
7.4.1	运行参数的连续监控	465
7.4.2	每小时内应检查和记录的运行参数	467

7.4.3 定期功能检查	467
7.5 定期停炉检修准则	469
7.5.1 炉子基本结构的检查	469
7.5.2 耐火砖炉墙和捣筑炉衬的检查	469
7.5.3 管式炉管道系统的检查	469
8. 机械零件	472
8.1 螺纹紧固件	472
8.1.1 设计、制造和装配	473
8.1.2 使用中产生的问题	475
8.2 传动轴和支承轴	478
8.2.1 轴的设计和制造	482
8.2.2 运行	486
8.3 滑动轴承和滚动轴承	489
8.3.1 选择最适合的轴承	490
8.3.1.1 滚动轴承的选用	490
8.3.1.2 滑动轴承的选用	491
8.3.2 滑动轴承的制造	493
8.3.3 轴承的装配	494
8.3.3.1 滚动轴承的装配	494
8.3.3.2 滑动轴承的装配	495
8.3.4 大型机械设施试车时的轴承检查	496
8.3.5 大型机械设施的运行	497
8.3.5.1 试车前的检查	501
8.3.5.2 监控和安全设施	501
8.3.5.2.1 滚动轴承的监控和安全装置	501
8.3.5.2.2 滑动轴承的监控和安全装置	503
8.3.5.2.3 轴承的例行检查	507
8.4 联轴器	516
8.4.1 制造中防止损坏的注意要点	518
8.4.1.1 套装凸缘的联轴器	519
8.4.1.2 齿轮联轴器	519

8.4.1.3 弹性联轴器	521
8.4.2 安装中防止损坏的注意要点	521
8.4.2.1 联轴器的对中	521
8.4.2.2 旋转同心度的检查	522
8.4.2.3 径向对中偏差	525
8.4.2.4 对中检查的公差	526
8.4.2.5 最后装配的注意要点	527
8.4.3 联轴器交付使用前试运转时的注意要点	529
8.4.4 联轴器的监测和保护装置	530
8.4.5 定期检查和检修的注意要点	530
8.5 固定的齿轮传动	532
8.5.1 齿轮传动的损伤型式	534
8.5.1.1 断齿造成的损坏	534
8.5.1.2 齿面损伤	536
8.5.1.3 齿轮传动装置中滑动轴承的损坏	544
8.5.1.4 齿轮传动装置的其它损坏型式	547
8.5.2 齿轮传动的规划和设计	549
8.5.3 齿轮传动装置的制造	550
8.5.4 齿轮传动装置的验收、安装和交付使用	552
8.5.4.1 对中	552
8.5.4.2 齿面载荷分布	552
8.5.4.3 润滑剂的选用	555
8.5.4.4 齿轮传动的供油要求	556
8.5.4.5 振动	556
8.5.4.6 齿轮噪声	557
8.5.5 运行中防止失效的措施	557
8.5.6 齿轮装置的定期检查	559
8.5.7 齿轮装置的定期检修	560
8.5.7.1 圆柱齿轮、圆锥齿轮和蜗杆蜗轮传动	560
8.5.7.2 行星齿轮传动装置	562
8.5.8 应急修理	562

8.6 机械设备的润滑供油系统	565
8.6.1 对润滑供油系统各种元件的要求	566
8.6.1.1 油箱的技术条件	566
8.6.1.2 集装式供油系统	567
8.6.1.3 主油泵	568
8.6.1.4 对辅助油泵的要求	569
8.6.1.5 油冷却器的要求	572
8.6.1.6 油过滤器的要求	572
8.6.1.7 油管各种附件的要求	572
8.6.1.8 油蒸气排除器的要求	573
8.6.1.9 储油器的要求	574
8.6.1.10 压力油管的要求	575
8.6.2 供油系统的监测和保护	576
8.6.2.1 供油系统的监测和保护装置	577
8.6.2.2 油着火的预防和扑灭措施	578
8.6.3 供油系统交付使用时的注意事项	581
8.6.4 供油系统的定期检查	583

1. 预防机电设备失效的任务和途径

现代工业对原材料和能源、生产资料和消耗品的需求日益增长，促使机电设备和工程设施越来越向大型化和高效化方向发展，由此所需的巨额投资、运行成本和维护费用，使人们对其经济运转的可靠性提出了极高的要求。一台机器在其使用期间，除了要保持最佳的工作效率外，其“有效度[●]”在经济因素中占有极其重要的地位，任何导致计划外停工、停产的意外事故都足以使早先妥善预算好的一切计划毁于一旦，遭受沉重的损失。

任何工业设施或机器的规划和设计方案都要考虑“技术可行性”与“经济合理性”之间的协调。运用现代水平的科学技术，无疑可以制造出十分安全可靠和使用寿命极长的机器；然而，建造这样一台机器所需的成本会高昂得不容许去建造这样的机器。而且，在这科学技术日新月异的时代里，机器设备的“经济寿命”远远短于它的“使用寿命”，因为效率和生产率更高的、操作人员费用更少的、占地面积更小的新机器正在陆续出世，一代更替一代，旧的机器尽管还能使用，但不再能满足新的要求。因此，今天的发展趋势是——正如同在航空工业中早已显示出来的那样——越来越倾向于通过材料最大限度的利用，建造效率尽可能高的、使用寿命有一定限度的机器。要实现这样的结构设计，

- 有效度 (availability) —— 设备保持正常备用状态的概率。设其发生故障或失效而不能工作的时间为 D ，能工作的时间为 U ，则该设备的有效度为

$$A = \frac{U}{U + D} \quad \text{—— 译者注}$$

其先决条件是要对应力和材料特性的合理匹配有透彻的了解，掌握其随温度和时间变化关系，取得均匀的材料质量。然而，每一个工程技术人员都知道，即使动用最精密的计算方法和先进的检测技术也并不能经常满足上述的条件。

在许多情况下，机器单位面积所承受的载荷往往会在不知不觉中持续增大着，以致超过额定的极限。如果达到这种程度，那么原来设计时用以保证质量的计算方法，连同其所使用的各项定理和常数都将不再有效。机器在实际使用中，原来的设计应力，譬如说，可能与某种化学腐蚀相叠加，或者与某些有意或无意附加的应力相叠加而超过原定值。设计时的主观认识往往与实际应用中的客观条件发生偏差。因此，不论人们如何认真对待，也难以避免机械部件在未达到其设计的使用寿命之前就发生了失效。

危及工程设施的失效原因基本上可归纳为下列三类：

- 早已存在于设备中的缺陷，例如由于规划、设计不当，制造、选材或装配失误所造成的缺陷。
- 运行期间形成的缺陷，例如由于时效老化、磨损、腐蚀或其它外界影响所造成的缺陷。
- 人为错失，例如操作使用不当或维护失误等。

针对这些失效原因建立起来的失效预防措施，其目的应在于：

- 从失效案例中吸取规划、设计和制造错失的经验教训，充分利用以改进缺点，防止同类事故重复发生；
- 及早发现存在的薄弱环节和隐患，把失效祸患消除在萌发之前；
- 加强机器的维修和保养，监督执行操作规程，务必把额外载荷减至最小程度。

预防工业事故，就其根本而言，必须从工程设施的初期规划起，到机器的最后刮研止，每一道工序都应全力以赴地保证获致优良的功能、可靠的质量、应有的效率和使用寿命。要形成一个