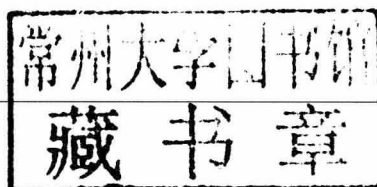


机器故障 诊治与自愈化

Jiqi Guzhang Zhenzhi yu Ziyuhua

机器故障诊治与自愈化



[高金吉 著]



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书总结归纳了作者 30 多年设备诊断工程实践经验和 10 多年在大学的一些科研成果,是关于机器故障诊治和自愈化理论、技术及工程应用方面的专著。第一部分,归纳总结了机械振动故障机理和系统诊断方法,介绍了故障诊断专家系统和典型故障诊治案例;概述了网络化监测诊断系统及基于风险和状态的智能维修系统在炼化企业的应用;借鉴医学科学,提出并论述了“机器医学”和“治未故障”的新理念。第二部分,提出了仿生机械学新的研究领域——机器的仿生自愈原理和工程自愈论,分析了自愈化与自动化的异同;论述了振动故障靶向抑制方法和仿生自愈系统的建立;介绍了旋转机械自动平衡、透平机械轴位移自愈调控等技术。

本书可供石化、冶金、电力、有色等流程工业企业设备工程技术和管理人员以及科研院所和装备制造业的研究和技术人员参考;可供从事机械工程、动力工程、安全工程、过程装备与控制工程等专业高等院校教师参考,也可供研究生和高年级学生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

机器故障诊治与自愈化 / 高金吉著. —北京:高等教育出版社, 2012.4

ISBN 978-7-04-034081-5

I. ①机… II. ①高… III. ①机器-故障诊断 IV.

①TH17

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第000866号

策划编辑 王国祥

责任编辑 黄慧靖

封面设计 顾 斌

版式设计 余 杨

插图绘制 尹 莉

责任校对 刘 莉

责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 27.25

字 数 500 千字

插 页 11

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2012 年 4 月第 1 版

印 次 2012 年 4 月第 1 次印刷

定 价 128.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 34081-00

《中国工程院院士文库》编辑委员会

主 任：徐匡迪

副主任：刘德培 柳百成 李朋义 肖培根

委 员：钟群鹏 梁骏吾 李正邦 陈毓川

梁应辰 李泽椿 何继善 高中琪

张增顺 王国祥

编辑部：高中琪 刘 静 王国祥 黄慧靖

总 序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用，是经济发展和社会进步的强大动力。自20世纪下半叶以来，工程科技以前所未有的速度和规模迅速发展，其重要作用日益突显，并越来越受到人们的重视。

中国工程院是中国工程科技界的最高荣誉性、咨询性学术机构。中国工程院院士是中国工程科技领域的最高荣誉性称号，授予对中国工程科技发展做出杰出贡献的工程科技工作者。院士们充分发挥群体优势，围绕国家、产业和地方经济社会发展迫切需要解决的重大科学技术问题，开展宏观性、战略性、前瞻性、综合性的咨询研究，为国家决策提供支持。他们的研究代表中国在该领域中的最高学术水平。院士们视发展工程科技、促进国家经济发展和社会进步为己任，勤奋工作在各自的专业领域，为祖国的繁荣富强、为国防建设和国家安全做出了重要的贡献。院士的学术著作，是院士多年刻苦钻研和辛勤劳动的成果，是他们智慧的结晶，也是整个社会的宝贵财富。这些学术著作，不仅对我国工程科技工作有重要的指导作用，而且具有极高的学术和参考价值，对于促进年轻工程科技人才成长，造就出类拔萃的青年科学家和工程师，推动我国工程科技事业不断发展具有重要作用。

感谢高等教育出版社设立中国工程院学术著作出版基金，资助出版《中国工程院院士文库》，把院士们的学术成果向全社会推广。此举不但有力地支持了我国优秀科学技术著作的出版，也对促进我国科技事业发展、繁荣科技出版事业具有重大意义。

徐匡迪

2005年8月

自序

现代化工业生产越来越大型化、高速化、自动化，特别是石化、冶金、电力等过程工业，设备投资大，连续生产流程长，机械装备故障停机可能造成重大经济损失，甚至导致机毁人亡的重大事故。随着生产对设备的依赖程度越来越高，对故障的预防和诊治越来越重要。从20世纪60年代开始，国际工程科技界开发了设备监测诊断技术，在工业企业逐步推行预知维修和智能维修。近二三十年来国内、外设备诊断技术的研究开发异常活跃且发展迅速，在工厂应用时经常取得出人意外的实效。本书的第一部分，作者对三十多年来在石化企业的设备诊断工程实践经验进行了归纳总结和理论分析，研究了机械装备故障诊断和防治的方法，介绍了若干工程应用案例，并对“治未病”和“机器医学”进行了探讨，旨在与学术和工程界同行交流和探讨。

工程实践是工程科技创新的不竭源泉。现代机械装备完全依赖人诊断和排除故障及仅仅依赖连锁停车保护机器的传统方式，已满足不了工程发展的需要，大力提高装备的智能化水平，以确保装备长周期安全稳定运行势在必行。中国科学院先进制造领域战略研究组指出，至2050年，装备的智能化水平将得到本质提高。体现在根据环境和任务的变化，装备不仅具有参数调节的适应能力，同时也具有结构的适应能力。结合材料、信息技术的进步，装备的自我进化和升级的能力，将会促进装备的智能化水平经由可控化、自动化真正进入自维护、自适应和自进化的高级智能阶段。2006年中国工程院的咨询报告首次提出了“装备故障自愈工程及其在我国推广应用的建议”。本书借鉴医学和仿生机械学理论，讨论的自愈化原理和方法正是沿着这一方向进行研究。本书的第二部分，概要介绍了十多年来作者在大学的科研团队关于故障自愈化理论和技术研究取得的一些成果。

本书主要研究了机械振动故障机理和系统诊断的方法，对透平机械典型故障诊治案例进行了分析；概述了网络化远程监测诊断系统的开发及其在大型炼化企业中的应用；提出了“治未故障”和“机器医学”的思维，初步探讨了自愈化理论和机器仿生自愈系统的研究方向；介绍了若干自愈化技术的研究成果；简述了基于风险和状态的智能维修系统及其在企业中的应用；并对故障诊治与自愈化技术做了展望。

机器的自愈原理和自愈系统是仿生机械学研究的新方向。当今工程控制论和自动化技术研究如何模仿人和动物的有目的的行为，使机器具有自动化功

能,忽略了人和动物维持自身健康的重要系统和功能——自愈系统和自愈功能。未来的仿生机械学应把自愈机制这个人和动物特有的概念赋予机器,研究自愈化理论和技术,发展和完善工程控制论。工程科学理论的创新往往源于工程实践的需求。本书关于故障自愈的原理是作者在多年与故障作斗争的工程实践中感悟出来的,其基本学术思想是作者2003年在国际学术会议上作大会主题报告时提出的,受到国际学术界的关注,本书对此又上升到工程自愈化理论的高度进行探讨。作者希望,本书关于自愈化的研究方向会引起学术界的重视,并作为今后研究的参考。

机器的自愈化将与自动化一样,在未来得到空前的发展。笛卡儿早在1637年就曾预言:总有一天,人类会造出一些举止跟人一样的“没有灵魂的机械”。这一预言正在变成现实。同样可以预言,总有一天,人类会造出一些跟人一样具有自愈机制的“可自康复的机械”。作者深信这一预言在不久的将来也会变成现实,我们正为此做不懈的努力。

关于机械装备故障诊治方法的研究和应用,是作者自1979年与企业的同仁一起为解决引进关键机组的故障开始起步的。本书第3章透平机械故障诊治方法与案例分析的大部分内容,是现场设备故障诊断和维修工程的实践总结,这是在辽阳石油化纤公司工作时,作者与齐启民、范垂毅、翁刚等及机械技术研究所的同仁共同完成的,是集体智慧的结晶。还应特别指出的是,本书的第2章旋转机械故障机理及识别特征和第3章机器故障诊断及振动诊断专家系统,是依据作者的博士学位论文《高速涡轮机械振动故障机理及诊断方法的研究》为主要内容撰写的。在清华学习期间和在企业工作时,作者都得到了郑兆昌和王正教授的悉心指导和帮助。

本书关于网络化远程监测诊断系统、机器的仿生自愈系统与自愈化、旋转机械自动平衡系统、维修与安全保障信息化智能化等内容,是北京化工大学诊断与自愈工程研究中心团队,在完成国家重要科研项目和与企业技术合作取得的成果,是集体智慧的结晶。第5章往复压缩机监测诊断技术和第6章机械装备网络化监测诊断系统,主要引用了江志农、马波等的若干研究成果;第10章透平机械轴位移故障自愈与密封增效技术,引用了作者与王维民、李双喜等的共同研究成果。第11章旋转机械自动平衡技术与工程应用研究,引用了何立东、吴海奇和作者与沈伟、张鹏、黄立权等的共同研究成果;还有许多技术专家、老师和研究生为本书提供了资料和帮助。在本书写作过程中,闻邦椿、陈予恕院士曾予以指导,王正教授多次提出宝贵的指导和修改意见。没有他们的支持和努力,本书是不可能完成的,为此,对他们表示衷心感谢。

改革开放以来,我国大规模的基本建设构建了举世瞩目的工业装备体系,为国民经济发展和GDP的快速增长做出了卓越的贡献。工业装备的安全可靠

和高效稳定运行必将成为今后工程科技关注的重点。本书涉及的方法和技术,如故障诊断的知识规则和专家系统、网络化远程监测诊断系统、基于风险的动态智能维修和信息化平台等,大都已在企业成功应用。深切期望,机器健康监控与自愈化理论和技术的研究能为我国机械装备的自主创新和未来发展做出新的贡献。

本书可供石化、冶金、电力、有色等过程工业企业设备工程技术人员和运行、维修管理人员阅读,也可供相关过程装备制造厂和其他行业同类人员参考;还可供高等院校和科研院所从事机械设备和动力工程、过程装备与控制工程学科教学、科研人员,从事装备与监控技术研发的教师和研究人员及研究生和高年级学生阅读参考。

本书的研究工作是在国家自然科学基金重点项目持续资助下完成的(项目编号:51135001,透平机械复杂机电系统动力学行为与振动、噪声靶向抑制原理及方法研究);同时也得到国家重点基础研究发展计划项目(项目编号:2012CB026006)“高端压缩机组高效可靠与智能化基础研究”中国工程院咨询项目(项目编号:2004001)“装备故障自愈工程及其在我国推广应用的建议”的资助;本书出版得到了中国工程院出版基金的资助。特此一并致谢。

因编写时间仓促和水平有限,书中难免有不当之处,恳请读者予以指正。

高金吉

2011年9月于北京

目 录

第 1 章 机器状态监测诊断技术概述	1
1.1 机器故障诊断技术史话	1
1.2 机器故障诊断与医学疾病诊断	3
1.3 状态监测诊断技术及其发展趋势	5
1.3.1 常用监测诊断技术	5
1.3.2 机械设备诊断技术的发展趋势	7
1.3.3 机械设备诊断工程的研究领域	11
参考文献	13
第 2 章 旋转机械故障机理及识别特征	15
2.1 旋转机械振动故障诊断概述	15
2.1.1 机械振动故障诊断是由果求因的逆过程	15
2.1.2 故障信息的提取和分析	17
2.1.3 振动故障的主导频率与机器转速的关系	18
2.2 透平机械故障机理及识别特征	21
2.2.1 透平机械故障机理及其分类研究	21
2.2.2 透平机械故障一次原因分析法与识别特征	24
2.2.3 小结	29
2.3 旋转机械同频振动故障机理及识别特征	29
2.3.1 旋转机械同频振动故障诊断	29
2.3.2 同频振动机理及故障识别特征	31
2.3.3 同频振动故障主要原因分类	40
2.4 多转子轴系振动故障机理及“六维对中”技术	42
2.4.1 透平机组多转子轴系振动故障原因分析	42
2.4.2 基于“六维对中”方法的多转子偶联轴系动力学分析	45
2.4.3 关于多转子轴系的“六维对中”技术的讨论	49
参考文献	49
第 3 章 机器故障诊断及振动诊断专家系统	51
3.1 机器故障诊治方法研究	51
3.1.1 机器故障诊断的终极目的和方法研究	51
3.1.2 机器故障的特征识别方法	52

3.1.3	基于特征识别的透平机械故障诊断方法	57
3.1.4	小结	59
3.1.5	机器故障的系统诊断与溯源追本	59
3.1.6	机器振动故障诊断研究与应用的若干误区分析	61
3.2	旋转机械故障诊断专家系统	62
3.2.1	关于最佳故障诊断程序的探讨	62
3.2.2	故障诊断的黑灰白集合筛选法	63
3.2.3	旋转机械振动故障诊断专家系统	66
3.2.4	炼化机械故障诊断专家系统的开发	71
3.3	旋转机械振动诊断工程软件包	75
3.3.1	振动诊断工程软件包功能及结构	75
3.3.2	旋转机械振动故障诊断程序	78
	参考文献	81
第4章	透平机械典型故障诊治案例分析	83
4.1	H型离心压缩机转子-定子摩擦振动故障诊治	83
4.1.1	H型离心压缩机机组简况	83
4.1.2	机组的启动振动故障原因分析	84
4.1.3	运行初期通过更换新型轴承减小振动	87
4.1.4	大修后启动振动故障的诊断及消振措施	91
4.1.5	关于转子动不平衡和油膜涡动可能性的分析	95
4.1.6	关于转子-定子摩擦振动故障机理的研究	95
4.1.7	小结	98
4.2	裂解气离心式压缩机轴承损伤振动故障分析	98
4.2.1	裂解气离心式压缩机机组简况	98
4.2.2	高压缸振动故障状况及测试分析数据	98
4.2.3	振动原因分析及对策	101
4.2.4	检修发现的问题、改进措施及结果	102
4.2.5	小结	103
4.3	透平机掉叶片故障监测诊断	103
4.3.1	透平机组简况	103
4.3.2	突发振动故障及监测分析	103
4.3.3	解体检查及故障排除对策的争论	105
4.3.4	消振措施及结果	106
4.3.5	小结	106
4.4	离心压缩机组轴系振动故障诊断及现场动平衡	106

4.4.1	离心压缩机组简况	106
4.4.2	机组振动故障及对生产的影响	106
4.4.3	振动故障监测情况	107
4.4.4	诊断及现场动平衡消振措施	108
4.4.5	小结	113
4.5	离心式氨压机振动故障诊断及无试重现场动平衡	113
4.5.1	机组及其故障和检修情况简介	113
4.5.2	机组振动故障原因分析及应急措施建议	114
4.5.3	无试重现场动平衡工程应用	117
4.5.4	机组结构改进建议	121
4.5.5	小结	122
4.6	裂解气压缩机转子气动推力与轴位移故障诊治	122
4.6.1	裂解气压缩机轴位移之谜	123
4.6.2	离心压缩机止推轴承烧损事故分析	123
4.6.3	离心压缩机转子轴向力计算	125
4.6.4	降低离心压缩机残余轴向力的方法及实践	127
4.6.5	轴位移的热动态效应及其调整	132
4.6.6	小结	134
4.7	带有尾透的离心式压缩机动力特性分析及减振对策	134
4.7.1	带有尾透的离心式压缩机动力特性分析及减振对策	134
4.7.2	初始设计的高压缸转子动力特性分析	135
4.7.3	修改设计后的高压缸转子的不平衡响应分析	136
4.7.4	关于尾气透平不平衡敏感处解决方案的讨论	137
4.7.5	小结	137
4.8	总结	137
	参考文献	138
第5章	往复压缩机故障监测诊断技术	139
5.1	往复压缩机故障监测诊断的必要性	139
5.1.1	往复压缩机故障及监测现状分析	139
5.1.2	往复压缩机监测的必要性分析	141
5.2	往复压缩机动力学分析及监测诊断方法	142
5.2.1	往复压缩机作用力分析	142
5.2.2	往复压缩机常见故障与监测诊断方法	144
5.3	往复压缩机振动信号处理及识别	151
5.3.1	往复压缩机故障诊断的难点	152

5.3.2 振动信号处理技术在往复压缩机故障诊断中的应用	152
5.4 基于冲击特征信号的往复压缩机故障诊断	154
5.4.1 往复压缩机的冲击检测与故障诊断	154
5.4.2 国外冲击检测方法概述	156
5.4.3 基于软件分析的冲击检测技术与工程应用	159
5.5 往复压缩机气阀故障机理及监测诊断研究	163
5.5.1 气阀运动模型及故障机理分析	164
5.5.2 气阀故障的早期预警及特征提取技术研究	165
参考文献	174
第6章 机械装备网络化监测诊断系统	177
6.1 关键机组群网络化监测诊断系统	177
6.1.1 网络化监测诊断系统概述	177
6.1.2 远程监测诊断系统的总体结构	179
6.1.3 基于中间件技术的网络化监测系统	182
6.1.4 监测诊断系统客户端插件化设计	190
6.1.5 工程实际应用	192
6.2 机泵群智能巡检与诊断系统	193
6.2.1 机泵群数字化智能检测诊断系统	193
6.2.2 机泵群智能巡检与诊断技术的发展趋势	197
6.3 远程监测诊断系统在炼化机械装备上的应用	199
6.3.1 企业局域网机械装备实时监测诊断系统	199
6.3.2 炼化机械装备网络化远程监测诊断中心	201
6.3.3 炼化机械装备远程监测诊断工程应用案例	209
参考文献	218
第7章 机器故障诊治与维修方式的进展	221
7.1 机器故障诊治与智能维修信息系统	221
7.1.1 先进维修工程概述	221
7.1.2 机器监测诊断与维修决策信息系统	222
7.1.3 过程装备系统故障诊治与维修方式的优化	229
7.2 基于风险和状态的智能维修	231
7.2.1 以可靠性为中心的维修概述	231
7.2.2 风险分析在故障诊治与维修中的应用	234
7.2.3 基于风险和状态的维修	237
7.2.4 基于风险和状态的维修的工程应用	241
7.3 未来机器医学与故障诊治	245

7.3.1 未来机器医学思维	245
7.3.2 健康的本质与疾病和故障的诊治	249
7.3.3 治未病与治未故障	251
7.3.4 祛病治本与根治维修	252
7.3.5 防止疾病的误诊与防止故障的误诊	254
参考文献	255
第8章 机器的仿生自愈原理与自愈化技术	257
8.1 机器仿生自愈原理概述	257
8.1.1 机器仿生自愈原理的提出	257
8.1.2 故障自愈原理及其科学依据	260
8.2 机器的仿生自愈系统	265
8.2.1 仿生机械学与机器的仿生自愈系统	265
8.2.2 生命体和机器的自愈系统与自愈力	266
8.3 机器的自愈化与工程自愈论	268
8.3.1 机器的自动化与自愈化	268
8.3.2 关于工程自愈论的探讨	270
8.4 机器自愈化技术及其分类研究	272
8.4.1 机器自愈化技术及研究领域	272
8.4.2 故障自愈技术国内外开发应用概况	275
8.4.3 故障自愈化技术的分类	276
8.5 机器的故障自愈调控系统及工程应用	282
8.5.1 故障自愈调控系统建模研究	282
8.5.2 故障自愈调控系统的构建方法	284
8.5.3 基于参数和结构适应的透平压缩机自愈系统	285
8.5.4 卧式离心机振动故障自愈调控系统	289
参考文献	295
第9章 透平机械振动故障自愈化技术研究	297
9.1 透平机械自愈化的必要性	297
9.2 透平机械振动噪声控制国内外发展现状	300
9.2.1 透平机械振动噪声成因及多场耦合非线性动力学行为	300
9.2.2 透平机械振动噪声控制	300
9.2.3 透平机械失稳机理及控制	302
9.2.4 多转子轴系失衡振动及控制	303
9.2.5 复杂工况下齿轮驱动多平行轴系动力学行为及控制	303
9.2.6 飞机发动机转子轴承系统部件损伤的早期探测与延寿	304

9.3 透平机械自愈化关键科学问题的凝练	304
9.3.1 本领域需要解决的突出问题	304
9.3.2 关键科学问题的凝练	305
9.3.3 研究思路和方法	306
9.4 透平机械自愈化技术的研究方向	307
参考文献	315
第10章 透平机械轴位移故障自愈与密封增效技术	319
10.1 透平机械轴位移故障诊断与防治方法	319
10.1.1 透平机械轴位移故障与防治方法现状	319
10.1.2 止推轴承的安全性分析	320
10.1.3 离心压缩机轴位移故障诊断	324
10.2 基于平衡盘压差调控的轴位移故障自愈技术	324
10.2.1 基于平衡盘压差的转子轴向推力调控原理	324
10.2.2 基于平衡盘压差的轴位移故障自愈调控方法	325
10.2.3 基于平衡盘压差的轴位移故障自愈调控试验研究	327
10.3 基于电磁力的透平机械故障自愈技术研究	330
10.4 基于自愈调控的透平压缩机密封增效技术研究	331
10.4.1 平衡盘密封改进与轴位移自愈调控	331
10.4.2 动静压混合自愈调控气膜端面密封概述	334
10.4.3 动静压混合式气膜端面密封原理及结构	336
10.4.4 气膜端面密封的自愈调控技术	338
参考文献	343
第11章 旋转机械自动平衡技术与工程应用研究	345
11.1 旋转机械自动平衡技术	345
11.1.1 转子自动平衡技术概述	345
11.1.2 旋转机械转子自动平衡原理	348
11.2 基于调整转子质量分布的自动平衡技术	353
11.2.1 常用平衡装置及其技术特性	353
11.2.2 电磁型自动平衡执行机构的结构设计	359
11.2.3 注液式自动平衡执行机构的结构设计	367
11.3 基于电磁自愈力的旋转机械自动平衡技术研究	372
11.3.1 基于旋转电磁自愈力的平衡执行器原理	372
11.3.2 基于电磁自愈力的自动平衡优化调控技术	373
11.3.3 基于电磁自愈力的自动平衡实验研究	378
11.4 自动平衡消除弯曲转子振动的试验研究	383

11.4.1	电磁型自动平衡试验台及弯曲转子的振动特性	383
11.4.2	弯曲转子双平面主动平衡试验研究	384
11.5	透平机械自动平衡技术研究	387
11.5.1	电磁型自动平衡系统在离心压缩机中的应用	387
11.5.2	自动平衡系统在烟气轮机上的应用研究	391
11.6	立式超重力机的自动平衡系统	398
11.6.1	超重力机的结构和工作原理	398
11.6.2	超重力机自动平衡试验装置简介	399
11.6.3	超重力机电磁型自动平衡系统试验研究	401
	参考文献	404
第 12 章	机器自愈化技术展望	409
12.1	自愈化是机器智能化发展的高级阶段	409
12.2	机械装备系统自愈化的研究方向	410
12.3	自愈化技术的作用和意义	411
12.4	发展自愈化技术的建议	413
	参考文献	414

第 1 章 机器状态监测诊断技术概述

1.1 机器故障诊断技术史话^[1]

和人会生病一样，运行的机器有时也要出毛病，即发生故障。机器通过它们的温升、声音和振动来“说话”，因而人们可以觉察到机器的“申诉”，并且判断它们的毛病，这就是最简单的设备故障诊断。

故障维修是指设备运转至发生故障停车时才检修，因此这种方式的平均检修周期可能最长，但由于不是预防性维修，发生故障时往往造成机器损坏，既不安全，又延长了检修时间，其费用也比较昂贵。其弊端如图 1.1 中“冰山”所示，表面上看仅是故障停车检修，但内含惊人的经济损失，这是一种最原始的检修制度，现代化大型、高速、自动化程度高，连续运行的设备应尽力避免这种维修方式。

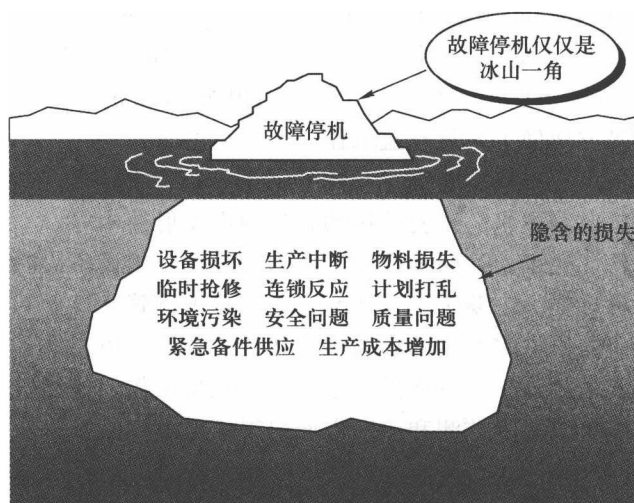


图 1.1 故障停车维修的潜在损失

对设备的状态监测和故障诊断，实际上从机器诞生之日就已产生。当时人们摸、听、看机器振动、温度、噪声等，凭借工匠的经验，可以判断机器的某些故障并采取对策或者修复。原始的方法一直延续至今，在现代工厂中，许多工人仍利用摸、听、看去判断机泵的状态。然而设备状态监测和故障诊断作为

一门工程技术,则是20世纪60年代以后才发展起来的^[2-3]。

1961年美国开始推行阿波罗登月计划,由于出现一系列设备故障,1967年在美国宇航局(NASA)的倡导下,美国海军研究室(ONR)主持成立了美国机械故障预防小组(MFPG),专门从事故障诊断技术的研究与开发。1971年该小组划归美国国家标准局领导,下设故障机理研究、检测诊断和预测技术、可靠性设计和材料耐久性评价4个小组,至今已召开40多次学术会议。在航空运输方面,美国在可靠性维修管理的基础上,大规模地对飞机进行状态监测,发展了应用计算机的飞行器数据综合系统(AIDS),利用大量飞行中的信息来分析飞机各部位的故障原因并能发出消除故障的指令。据统计,由于应用了状态监测和诊断技术,世界航班的每位旅客公里死亡率已从20世纪60年代的0.6左右下降到70年代的0.2左右。在旋转机械故障诊断方面,美国西屋公司从1976年起步,到1990年已发展成网络化汽轮发电机组智能化故障诊断专家系统,所开发的三套智能诊断软件(汽轮机 Turbine AID、发电机 Gen AID、水化学 Chem AID)共有诊断规则近万条,已对西屋公司所产机组的安全运行发挥了巨大作用,取得了显著经济效益。还有世界上最早开发非接触涡流传感器的 Bently Nevada 公司的 DDM 系统和 ADRE 监测诊断系统被世界上许多国家广泛应用^[4-5]。

英国在20世纪60年代末至70年代初,以 R. Acollacott 为首的英国机械保健中心(U. K. Mechanical Health Monitoring Center)开始诊断技术的开发研究。1982年曼彻斯特大学成立了沃福森工业维修公司(WIMV); Michael Neale and Associte 公司等研制监测系统、诊断仪器、开发信号处理技术、故障和应力分析以及培训等方面做了大量有益工作。

设备诊断技术在欧洲一些国家也有很大进展,如瑞典的 SPM 轴承监测技术、挪威的船舶监测技术、丹麦的振动分析和声发射技术等。

日本在钢铁、化工、铁路等民用工业部门开发应用设备诊断技术方面发展很快,占有某种优势。三菱重工、川崎重工、日本钢管、日立制作所、东京芝浦电气等企业研制出许多实用的诊断仪器和软件,如丰田利夫、三菱重工的白木万博在旋转机械故障诊断方面做了大量经验积累工作,他们研制的机械保健系统在汽轮发电机组故障监测和诊断方面取得了实效^[3]。

自从20世纪60年代初美国率先开展机械设备故障诊断技术研究以来,故障诊断技术逐渐成熟,已于1967年用于航空航天、军事行业,相继瑞典在 SPM 轴承诊断、挪威在造船诊断、丹麦在机械振动监测与诊断等方面都具有较高水平。尤其是随着企业的现代化和生产设备的大型化,近20年来状态监测和故障诊断技术获得了迅速的发展,领域不断扩大到核电反应堆与汽轮机、石油化工厂的大型机组和机泵等设备、石油开采机械等诸多方面,特别是近几年来,以美国为首的西方国家利用网络技术实现了对设备的远程监测和诊断,