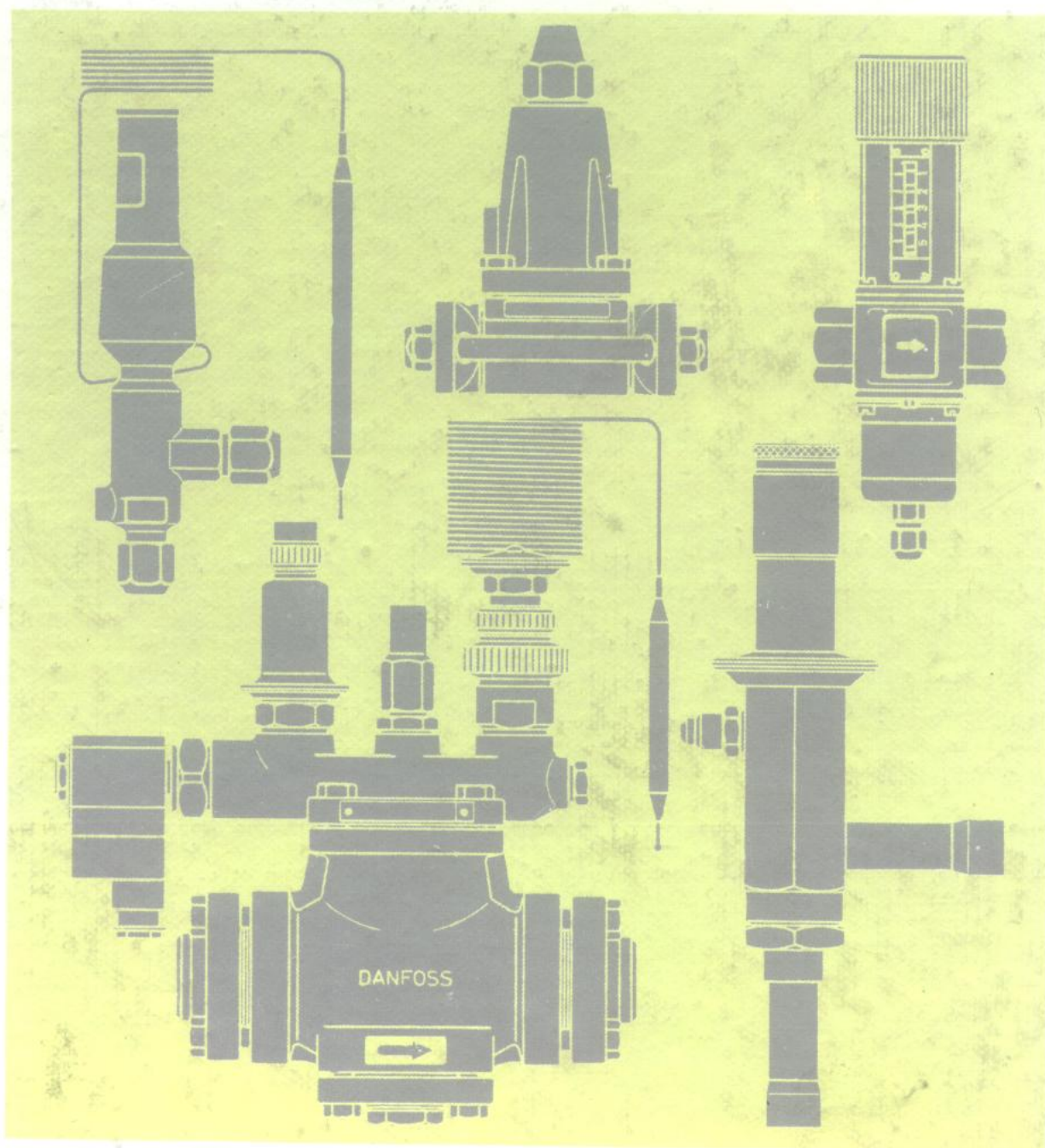


机械设备故障 诊断技术

丁玉兰
石来德 编著



上海科学技术文献出版社

机械设备故障诊断技术

丁玉兰 石来德 编著

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字301号

机械设备故障诊断技术

丁玉兰 石来德 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码200031)

全国新华书店经销

上海科学技术文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 48.5 字数 1211,000

1994年7月第1版 1994年7月第1次印刷

印数: 1—1,750

ISBN 7-5439-0461-6/T·329

定价: 54.00元

《科技新书目》 320-266

内 容 提 要

本书系统地阐述了机械设备故障诊断的基础理论、实施方法、仪器和工程应用实例等内容。全书分为三篇共十八章，第一篇为故障诊断基础理论；第二篇为故障诊断实施技术；第三篇为故障诊断技术的工程应用。

本书可作为航天、航空、船舶、汽车、机车、机械、冶金、电力以及石油化工等工程领域中从事机械设备故障诊断技术的工程技术人员和科学研究人员的参考书；亦可作为高等院校有关专业的研究生、本科生和培训班的教材或教学参考书。

前 言

机械设备故障诊断技术是一门新兴的综合性应用学科。早在60年代初于欧美等国家率先进行开发研究,其后又在其他工业国家相继起步。到70年代末,该学科还是集中应用于宇航、原子能等尖端工业部门。而从80年代起,由于现代化机械设备向大型化、自动化、高精度、高效率等方向发展,机械设备相应出现突发性故障率高、停机损失大、维修费用高、维修周期长等一系列特点,这种发展趋势引起了故障诊断技术迅速地向航空、船舶、汽车、机车、机械、冶金、电力以及石油化工等重要的工业生产领域渗透,并由此获得广泛应用。

机械设备故障诊断技术的重要意义就在于它为机械设备传统维修制度的改革奠定了基础,可使合理的预知维修制度代替传统的定时维修制度,从而减少事故发生率,降低维修费用,确保机械设备安全运行。在各工程领域中应用这一技术,必将产生巨大的经济效益和社会效益。

编著本书的目的就是为了在国内进一步普及、推广、应用以及深入研究故障诊断技术。在编著过程中,力求使科学性、系统性和实用性相结合,把该学科的基础理论、实施技术和工程应用融于一书,试图为广大读者提供一本内容丰富、叙述通俗、实用性较强的参考书。

本书分为三篇共十八章:第一篇为故障诊断的基础理论,比较全面地阐述了故障规律、故障状态、故障机理、故障模型、故障分析理论与方法以及故障信号处理与分析等故障诊断技术所涉及的最基础的理论;第二篇为故障诊断实施技术,比较系统地叙述了声振诊断、无损诊断、温度诊断、污染诊断、寿命估算和预测以及综合诊断与专家系统等故障诊断技术中较实用的实施技术;第三篇为故障诊断的工程应用,有选择地介绍了典型零件、转子系统、液压系统、静止设备、动态监测系统以及计算机辅助检测和诊断系统等各有关工程领域中典型的应用实例。

本书是以作者给研究生授课的讲稿、刊物上发表的专题讲座以及有关科研成果为基础,经扩展、充实和进一步系统化而编著完成的。在编著过程中,广泛收集和分析了大量国内外有关著作和文献资料,从而对本学科的新理论、新方法、新装置以及新的应用等作了尽可能充分的反映。

本书由丁玉兰、石来德编著,其中总论、第一~五章、第八~十章、第十三~十八章由丁玉兰撰稿;第六、七、十一、十二章由石来德撰稿。编著者在此谨向本书中参考或引用过的全部文献资料的作者们及协助撰稿的左蕾、吴波、唐敏、赵宜、周同等表示深切的谢意。

由于水平和时间所限,书中难免有错误和欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编著者
1991 于上海

序 (一)

任何一个机械设备,工作中由于疲劳损伤、磨损、腐蚀以及操作不当均会产生故障。一方面,这些故障将会使机械不能处于正常工作状态,甚至丧失工作能力,造成严重的经济损失,特别是现代的机械设备日趋大型化、连续化、机电一体化和自动化,其性能与复杂程度不断提高。尽管其产品产量和质量不断提高,但是,一旦形成故障,其造成的损失亦将大幅度提高。另一方面,科学技术的发展,新能源、新材料、新的交通工具造福于人类,然而,制造新能源的核反应堆、制造新材料的化工设备或载人飞行的飞机、宇宙飞船、航行的舰船、运行的交通车辆等等。一旦出现故障,有可能给人们造成灾难性后果。因此,随着科学技术和生产过程的发展,机械设备的状态监测和故障诊断技术应运而生。本学科在国外起始于30年代,第二次世界大战中,在舰船、飞机以及其它作战武器装备中得到迅速发展。第二次世界大战以后,产业的发展促使其迅速应用于诸如钢铁、电力、化工等生产部门。我国产业采用设备的状态监测与故障诊断技术较迟,但自1983年国家经委制定“国营工业交通设备管理条例”明确规定:“要根据生产的需要,逐步采用现代故障诊断与状态监测技术,发展以状态监测为基础的预防维修体制”以来,促使该技术得以迅速发展。各工业部门相继召开了规划会议,制定了该项技术发展战略和规划。因此,这本书的出版,亦是为此任务服务的,相信它将对我国机械设备状态监测和故障诊断技术的推广应用及进一步研究有所促进。

尽管我国的各工业部门重视设备故障诊断技术的推广,冶金、石化、化工、电力和交通等部门均制定了推广应用计划,但是,由于起步较迟,又是一个多学科的交叉,过去又没有培养过专门人才。因此,要推广这一技术,人才的培养、知识的传播是首要问题。这几年作为技术先导的高等学校,在科研上作了不少工作,但是,要普及还有一个过程。希望《机械设备故障诊断技术》的出版,有助于加速这一过程。本书作者尽管应用了大量的数学公式,但是,尽量省却繁琐的数学推导,着重介绍其物理意义和应用;文中也提到不少检测仪器,虽介绍了原理,但省却其电路分析,重点放在使用上。从理论到应用尽量做到深入浅出,以利于有初步基础的读者亦能阅读。

国务院学位委员会委员、机械(工程学科)评议组长 史维祥
西安交通大学前校长、教授

1993.2

序 (二)

在“春风又绿江南岸”的美好时刻，我欣然执笔为《机械设备故障诊断技术》这一著作写几句话，聊表自己心情之万一。

情况十分清楚，随着科学技术与生产的发展，现代机械设备的工作性能越来越好，工作强度越来越大，自动化程度与生产效率越来越高；与此同时，设备的结构也越来越复杂，各部分的关联也越来越密切，往往某处稍有故障，就导致轻则停机，重则机毁，这不仅直接或间接地造成巨大的经济损失，而且造成人员伤亡，造成极为严重的社会后果。如此事例，不胜枚举！因此，随着科学技术的发展，特别是随着测试技术、信号处理技术与计算机技术的发展，机械设备诊断技术应运而生，迅速发展，接着关于机械设备故障诊断技术的著作也逐渐问世，这些著作与有关论文、会议、刊物又强有力地推动着机械设备故障诊断技术的发展。

本书是一本颇有特色的机械设备故障诊断技术的著作，十分值得一读。它立足于应用，技术资料来源于生产实践、科学研究与教学实践，既有作者的艰辛劳动的结晶，又有国内外的大量研究成果。条理清楚，层次井然，重点明确，理论紧密结合实际。它的第一部分是阐明故障诊断技术的基本理论依据，这是基础；第二部分是剖析典型的故障诊断技术与相应的技术，这是关键；第三部分是介绍故障诊断技术的工程应用，这是归宿。正如作者们所努力的一样，尽管本书采用了不少数学模型，但是，都避免了繁琐的推导，重点说明了模型的含义、应用与注意事项，力求深入浅出，删繁就简，便于掌握，便于应用，直接服务于机械设备故障诊断。

当然，由于机械设备诊断技术的专著的出版还是近十年的事，诊断技术理论至今并不完备，许多领域有待进一步研究与发展，不少问题是仁者见仁、智者见智，这正是诊断技术处于蓬勃发展中的必然反映，也是一件令人高兴的事情。因此，我们不能苛求这方面的专著，“完美”“完善”，要求满足各方面的需要。如果我们能从某一专著中看到它的特色与作用，就应该认为它是成功的或基本成功的。我想，本书是无愧于一本成功的著作了。丁玉兰、石来德同志多年从事机械设备故障诊断技术的科学研究、教学实践与生产实践工作，具有良好的理论基础与丰富的实践经验，他们写出这一本成功的著作也是十分自然的事情。

我国社会主义建设飞速发展，震惊世界。中国人民有志气、有能力自立于世界民族之林。我国的机械设备故障诊断技术也在大步前进，本书的出版正是这方面的重要标志之一。我深信，本书将会对机械设备诊断技术的发展与相应的人才的培养作出重要的贡献。长风破浪今是时，直挂高帆济沧海。

中国科学院学部委员 杨叔子
华中理工大学校长、教授

1993.1

序 (三)

机械设备发生故障是不可避免的事,但是严重的会造成巨大经济损失。对于会造成人员伤亡和严重社会后果的故障应尽可能加以避免。另外,当一般故障发生后则应尽可能快地准确诊断,从速修复,使损失降为最小。当机械设备的运转出现一些不正常现象时,应能及时发现加以排除,防止故障发生。要达到以上各点,必须依赖于故障诊断技术的发展及其水平的提高。在过去很长时期内,机械设备故障的诊断在很大程度上依赖于人们的经验积累。60年代以来,随着检测技术、信号分析与处理技术、计算机应用和系统识别技术的发展,机械设备诊断技术成为一门新兴的综合性学科。我国虽然由于种种原因对这门学科的研究起步较迟,但自80年代以来,随着我国工业生产的发展,机械设备诊断技术有了迅速发展。

本书作者自80年代初就致力于机械设备诊断技术的研究,收集了国内外的大量资料,编写了研究生教材,完成了许多科研项目,积累了丰富的经验,并在此基础上完成了本书的编写。因此,本著作凝聚了作者的心血,反映了该学科的新理论、新技术和新应用。

本著作特色显著,值得一读。全书分为三篇。第一篇六章阐述了机械设备故障诊断的理论基础;第二篇六章阐述了各种诊断技术;第三篇六章介绍了故障诊断的工程应用。这样的编排体现了理论与实践的结合、共性与个性的结合,有利于读者全面掌握机械设备故障诊断技术。本书阐述深入浅出,删繁就简,便于理解。我相信这本书的出版必将进一步推动机械设备故障诊断这门学科在我国的发展,必将促进机械设备故障诊断技术在我国的应用和推广。

国家教委科学技术委员会委员、土木建筑水利学科组组长
同济大学副校长兼研究生院院长、教授

沈祖炎

1993.3

目 录

总论	1
§ 0-1 故障诊断技术的概念模型	1
§ 0-2 故障诊断技术的基本体系	2
§ 0-3 故障诊断技术的分类方法	4
§ 0-4 故障诊断技术的实施过程	5
§ 0-5 故障诊断技术与维修制度	6
§ 0-6 故障诊断技术的经济意义	9
§ 0-7 故障诊断技术的工程应用	10
§ 0-8 故障诊断技术的发展与展望	11
第一篇 机械设备故障诊断的理论基础	
第一章 机械故障规律	16
§ 1-1 机械的可靠性	16
§ 1-2 典型机械系统的可靠度	25
§ 1-3 机械的维修性	29
§ 1-4 机械系统状态转移的随机过程	34
§ 1-5 机械故障定义、分类及其模式	39
§ 1-6 机械故障特征及其发生规律	41
§ 1-7 机械故障的统计分布函数	45
第二章 机械故障状态	51
§ 2-1 机械状态及状态演变	51
§ 2-2 机械正常状态	53
§ 2-3 机械故障状态	57
§ 2-4 机械故障迹象及其特征参量	61
§ 2-5 机械故障的外因	63
§ 2-6 机械故障状态标准	67
第三章 机械故障机理	74
§ 3-1 磨损机理	74
§ 3-2 变形机理	84
§ 3-3 断裂机理	87
§ 3-4 裂纹机理	97
§ 3-5 腐蚀机理	101

第四章 机械故障模型	104
§ 4-1 应力-强度模型	104
§ 4-2 损伤累积模型	108
§ 4-3 最弱环模型	111
§ 4-4 并联模型	112
§ 4-5 失效率模型	113
§ 4-6 动力学断裂模型	114
§ 4-7 劣化模型	117
第五章 故障分析理论与方法	119
§ 5-1 统计分析法	119
§ 5-2 逻辑运算分析法	123
§ 5-3 故障模式影响与后果分析法	129
§ 5-4 故障树分析法	133
§ 5-5 模糊数学分析法	145
第六章 故障信号处理与分析	161
§ 6-1 信号的类型及其特征	161
§ 6-2 信号的幅值域分析	167
§ 6-3 信号的频率域分析	177
§ 6-4 信号的传递函数分析	196
§ 6-5 信号的凝聚函数分析	212
§ 6-6 信号的时差域分析	216
§ 6-7 信号的时序建模分析	225
§ 6-8 信号处理的过程及注意事项	231
第二篇 机械设备故障诊断的实施技术	
第七章 声振诊断技术	262
§ 7-1 振动检测技术	262
§ 7-2 音响检测技术	280
§ 7-3 故障的声振识别方法	297
第八章 无损诊断技术	323
§ 8-1 目视-光学检测法	323
§ 8-2 射线探伤法	327
§ 8-3 超声波探伤法	336
§ 8-4 磁粉探测法	347
§ 8-5 渗透检测法	354
§ 8-6 涡流探测法	357
§ 8-7 声发射检测法	360

§ 8-8 无损探测法的评价	369
第九章 温度诊断技术	370
§ 9-1 温度诊断法原理	370
§ 9-2 热电偶与热电阻测温	374
§ 9-3 红外测温	380
§ 9-4 光纤测温	390
§ 9-5 其他测温	394
§ 9-6 零件温度测量方法	399
§ 9-7 流体温度测量方法	414
第十章 污染诊断技术	424
§ 10-1 油液污染监测原理	424
§ 10-2 油液污染度监测法	430
§ 10-3 磁性碎屑探测法	436
§ 10-4 油液光谱分析法	438
§ 10-5 油液铁谱分析法	446
§ 10-6 气体污染监测法	462
第十一章 寿命估算与故障预测	470
§ 11-1 疲劳寿命预测的依据	470
§ 11-2 疲劳寿命预测的方法	490
第十二章 综合诊断技术与专家系统	509
§ 12-1 综合诊断技术	509
§ 12-2 专家系统的一般知识	524
§ 12-3 专家系统在设备状态监测和故障诊断中的应用	534

第三篇 机械设备故障诊断技术的工程应用

第十三章 典型零件故障诊断	548
§ 13-1 齿轮的故障特征	548
§ 13-2 齿轮的振动特性	555
§ 13-3 齿轮故障的振动诊断	563
§ 13-4 滚动轴承的故障特征	574
§ 13-5 滚动轴承的动态特性	582
§ 13-6 滚动轴承故障的振动诊断	589
§ 13-7 钢丝绳的损伤特征	600
§ 13-8 钢丝绳的电磁探伤法	602
第十四章 转子系统故障诊断	605
§ 14-1 转子系统的故障特征	605

• • •

§ 14-2	转子系统的动态特性	617
§ 14-3	转子系统的振动参数测量	623
§ 14-4	转子系统的振动原因识别	624
§ 14-5	转子系统的振动故障判据	634
第十五章	液压系统故障诊断	639
§ 15-1	液压系统的典型故障	639
§ 15-2	逻辑逼近诊断法	639
§ 15-3	系统参数诊断法	642
§ 15-4	热力学诊断法	649
§ 15-5	Tee 检测法	652
§ 15-6	液压系统故障检测仪器	657
第十六章	静止设备的故障诊断	664
§ 16-1	工业管道的故障诊断	664
§ 16-2	长输管线的泄漏诊断	670
§ 16-3	压力容器的故障诊断	675
§ 16-4	弹性结构件故障的振动诊断	638
§ 16-5	静止电气设备的故障诊断	696
第十七章	典型机械设备的动态监测系统	700
§ 17-1	滚动轴承的动态监测系统	700
§ 17-2	旋转机械的动态监测系统	706
§ 17-3	船用柴油机的动态监测系统	710
§ 17-4	飞机发动机的动态监测系统	712
§ 17-5	汽车随车动态监测系统	715
§ 17-6	工程机械的动态监测系统	717
§ 17-7	大中型机组的动态监测系统	721
§ 17-8	机械多参数综合动态监测系统	726
§ 17-9	机械动态监测仪器简介	726
第十八章	计算机辅助检测与辅助诊断	731
§ 18-1	裂纹深度的计算机辅助检测	731
§ 18-2	温度的计算机辅助检测	735
§ 18-3	超声探伤的计算机辅助检测	738
§ 18-4	电动机故障的计算机辅助诊断	744
§ 18-5	发动机故障的计算机辅助诊断	747
§ 18-6	机床故障的计算机辅助诊断	753
参考文献	757

总 论

机械设备故障诊断技术 (Mechanical Fault Diagnosis) 是利用测取机械设备在运行中或相对静态条件下的状态信息, 通过对所测信号的处理和分析, 并结合诊断对象的历史状况, 来定量识别机械设备及其零件、部件的实时技术状态, 并预知有关异常、故障和预测其未来技术状态, 从而确定必要对策的技术。

从学科的定义可知, 机械设备故障诊断技术 (简称故障诊断技术) 是建立在多种基本技术的基础之上, 并融合多种学科理论的新兴综合性学科。因此, 该学科具有基础理论较新、体系边界模糊、实施技术繁多、工程应用广泛、发展日趋迅速以及与高技术发展密切相关等特点。在具体介绍该学科的基础理论、实施技术及工程应用等内容之前, 拟通过以下几方面对这一学科的概貌作简要的描述。

§ 0-1 故障诊断技术的概念模型

任何一种机械设备在运行过程中, 其内部的零件、部件必然要受到机械应力、热应力、化学应力以及电气应力等多种物理作用, 随着时间的推移, 这种物理作用的累积, 将使机械设备正常运行的技术状态不断发生变化, 随之可能产生异常、故障或劣化状态。伴随着这些作用和变化, 又必然会产生相应的振动、声音、温度以及磨损碎屑等二次效应。机械设备故障诊断技术即是依据这种二次效应的物理参数, 来定量地掌握机械设备在运行中所受的应力、故障和劣化、强度和性能等技术状态指标; 预测其运行的可靠性和性能; 如果机械设备存在异常, 则进一步对异常原因、部位、危险程度等进行识别和评价, 确定其改善方法和维修技术。根据这一逻辑思想所建立的故障诊断技术的概念模型如图 0-1 所示。

图 0-1 中 $S(t)$ 表示应力或载荷向量; $M(t)$ 是故障机理传递函数; $F(t)$ 为异常或故障模型向量; $H(t)$ 是异常模型向量与机械状态向量之间的传递函数; $X(t)$ 则表示机械状态向量。由图 0-1 所示的概念模型指出: 当机械设备处于正常时, 其 $M(t)=1$, 其状态向量 $X(t)$ 是由外部应力向量 $S(t)$ 和内部的传递函数 $H(t)$ 共同决定的; 而当机械设备出现异常或故障时, 则其 $M(t) \neq 1$, 表示机件结构出现异常, 或者其 $S(t)$ 超过额定值, 表示机械使用偏离规程, 在出现这些情况之后, 其状态向量 $X(t)$ 除了与外因 $S(t)$ 和内因 $H(t)$ 有关外, 还与应力超差值和故障机理传递函数 $M(t)$ 有关。由此可见, 机械设备的状态向量 $X(t)$ 是异常或故障信息的重要载体, 是对机械设备运行工况监测的客观依据, 因而及时而正确地掌握机械设备状态向量是进行故障诊断的先决条件。又因状态向量是由机械设备的外因和内因所确定的, 所以状态向量的检测又可以通过分别对机械系统外部应力和机械系统内部特性的检测来实现。在综合诊断时, 需进一步判断异常或故障的原因、部位、危险程度的情况下, 往往还采用状态信号、应力信号和系统特性信号同时进行测量的方法。

图 0-1 所示的概念模型还指出: 机械故障诊断实施包括两个部分, 其一是简易诊断技术, 主要是由现场作业人员实施的初级技术, 职能是对设备的运行技术状态迅速而有效地作出概括的评价, 并在诊断对象中判定“有些异常”的机械设备; 其二是精密诊断技术, 主要是

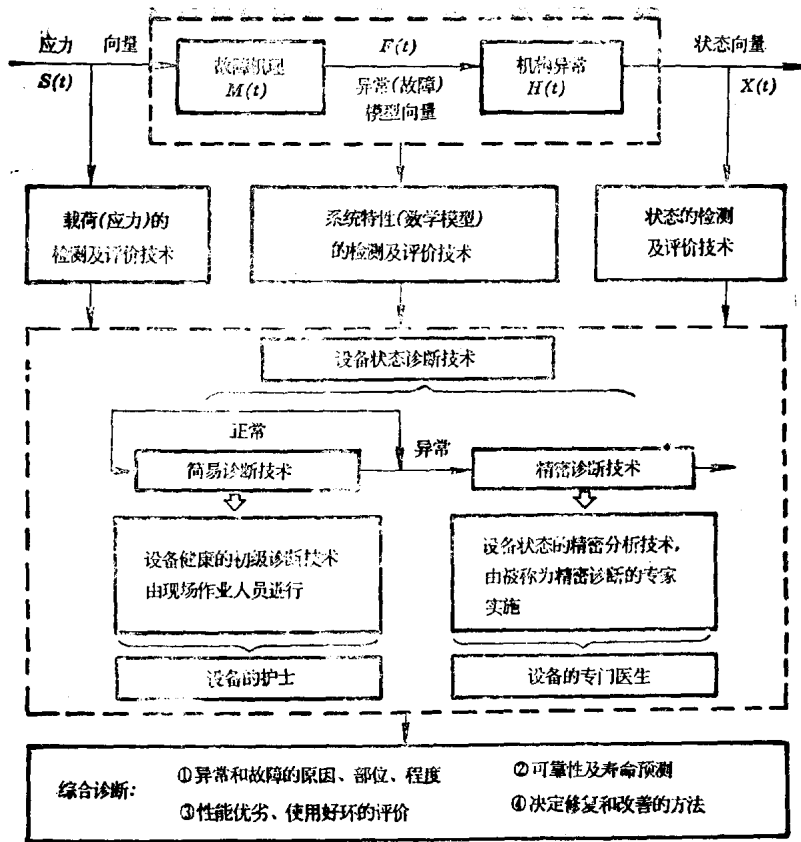


图 0-1 故障诊断技术概念模型

由机械故障诊断的专门技术人员实施的高级技术，职能是对采用简易诊断技术判定为“有些异常”的机械设备进行专门的、深入的分析处理，并进一步确定异常和故障的性质、类别、部位、原因、程度，乃至说明异常和故障发展的趋势及影响等等，为故障预报、控制、调整、维修、治理等方面提供决策依据。所以，精密诊断技术是机械设备故障诊断技术的关键。

根据上述概念模型的分析，不难总结出故障诊断技术的目的应是：

- (1) 及时而正确地对各类运行中机械设备的种种异常或故障作出诊断，以便确定最佳维修决策；
- (2) 保证各类机械设备无故障、安全可靠地运行，以便发挥其最大的设计能力和使用有效性；
- (3) 为下一代机械设备的优化设计、正确制造提供反馈信息和理论依据，以保证设计、制造出更符合用户要求的新一代产品。

显然，故障诊断技术是一门将机械设备从设计、制造、使用、维修等寿命周期中的各个方面加以统一研究，并融合多种相关学科理论、方法与手段的综合性应用学科。

§ 0-2 故障诊断技术的基本体系

故障诊断技术早在 1960 年初于欧美等地区和国家首先得到发展，但其发展速度较慢。直到 70 年代末期，这一技术才集中应用于宇航、原子能等一些重要尖端工业部门。而近十多年来，随着电子计算机技术、现代测试技术和信号机理技术的迅速发展，加之各种相关学

科的相互渗透、相互交叉和相互促进、逐渐使故障诊断技术这一学科体系日臻完善。至今，已逐步形成了一门既有系统诊断理论、又有多种诊断方法；既有现代检测手段、又有先进分析技术；既属工程应用性强、又与高技术密切相关的现代新兴学科，其基本体系如图 0-2 所示。

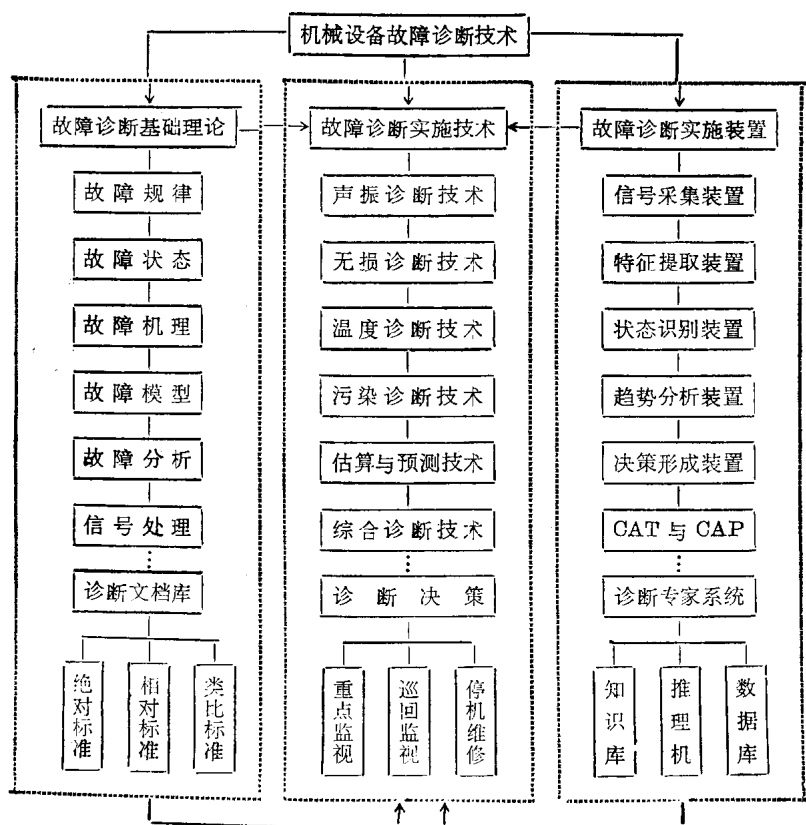


图 0-2 故障诊断技术基本体系

由图 0-2 可见，该学科的基本体系是由故障诊断基础理论、故障诊断实施技术以及故障诊断实施装置三大部分构成：

(1) 故障诊断基础理论包括故障规律、故障状态、故障机理、故障模型、故障分析理论、信号处理理论以及诊断标准限值与图谱等理论的研究，这些基础理论是为故障诊断实施技术提供科学的理论依据。所以，故障诊断基础理论相当于该学科基本体系的“软件”；

(2) 故障诊断实施技术包括声振诊断、无损诊断、温度诊断、污染诊断、预测技术以及综合诊断与专家系统等技术的研究，这些故障诊断实施技术是构成该学科体系的主体，也是该学科建立与发展最重要的基础；

(3) 故障诊断实施装置包括信号采集、特征提取、状态识别、趋势分析、诊断决策形成、计算机辅助检测与诊断系统以及故障诊断专家系统等专用装置和系统的研制，这类专用装置和系统是为故障诊断实施技术提供必要的实施手段。因此，故障诊断实施装置相当于该学科基本体系的“硬件”。

上述故障诊断技术自身的学科基本体系，已成为一个既有学科核心、又是“软件”、“硬件”齐全完整体系，这正是该学科能够更为迅速、深入、以及独立发展的可靠保证。

§ 0-3 故障诊断技术的分类方法

故障诊断技术的分类方法很多,但主要是按诊断目的、诊断参数和诊断对象进行分类。

(一)按诊断的目的要求分类

1. 功能诊断和运行诊断

对于新安装的或刚维修的机械设备及部件等,需要判断它们的运行工况和功能是否正常,并根据检测与判断的结果对其进行调整,这就是性能诊断;而运行诊断是对正在运行中的机械设备或系统进行状态监测,以便对异常的发生和发展能进行早期诊断。

2. 定期诊断和连续监控

定期诊断是间隔一定时间对服役中的机械设备或系统进行一次常规检查和诊断;而连续监控则是采用仪表和计算机信号处理系统对机械设备或系统的运行状态进行连续监视和检测。这两种诊断方法的选用,需根据诊断对象的关键程度、其故障影响的严重程度、运行中机械设备或系统的性能下降的快慢程度以及其故障发生和发展的可预测性来决定。

3. 直接诊断和间接诊断

直接诊断是直接根据关键零部件的状态信息来确定其所处的状态,例如轴承间隙、齿面磨损,轴或叶片的裂纹以及在腐蚀条件下,管道的壁厚等。直接诊断迅速而可靠,但往往受到机械结构和工作条件的限制而无法实现。而间接诊断是通过机械设备运行中的二次诊断信息来间接判断关键零部件的状态变化。由于多数二次诊断信息属于综合信息,因此,在间接诊断中出现伪警和漏检的可能性会增大。

4. 在线诊断和离线诊断

在线诊断一般是指对现场正在运行中机械设备进行自动实时诊断;而离线诊断则是通过磁带记录仪将现场测量的状态信号录下,带回实验室后再结合诊断对象的历史档案作进一步的分析诊断。

5. 常规诊断和特殊诊断

常规诊断就是在机械设备正常服役条件进行的诊断,大多数诊断都属于这一类型。但

表 0-1 按诊断的物理参数分类

诊断技术名称	检测参数
振动诊断技术	平稳振动、瞬态振动、机械导纳及模态参数等
声学诊断技术	噪声、声阻、超声以及声发射等
温度诊断技术	温度、温差、温度场以及热象等
污染诊断技术	气、液、固体的成份变化,泄漏及残留物等
无损诊断技术	裂纹、变形、斑点及色泽等
压力诊断技术	压差、压力以及压力脉动等
强度诊断技术	力、扭矩、应力以及应变等
电学诊断技术	功率、电信号以及磁特性等
趋向诊断技术	机械的各种技术性能指标
综合诊断技术	各种物理参数的组合与交叉

在个别情况下,需要创造特殊的服役条件来采集信号,例如,动力机组的起动和停机过程要通过转子的扭振和弯曲振动的几个临界转速,采集在起动和停机过程中的振动信号对诊断其故障是必须的,而这些振动信号在常规诊断中是采集不到的,因而需要采用特殊诊断。

(二)按诊断的物理参数分类

从诊断技术研究的角度,常按诊断的物理参数分类,其分类名称和检测参数见表 0-1。

(三)按诊断的直接对象分类

从学科的工程应用角度,大多按诊断的直接对象分类,其分类名称和诊断对象见表 0-2。

表 0-2 按直接诊断对象分类

诊断技术名称	直接诊断对象
机械零件诊断技术	齿轮、轴承、转轴、钢丝绳及联接件等
液压系统诊断技术	泵、阀、液压元件以及液压系统等
旋转机械诊断技术	转子、轴系、叶轮、风机、电机、汽轮发电机以及水轮发电机等
往复机械诊断技术	内燃机、压气机、活塞及曲柄连杆机构等
静止结构诊断技术	金属结构、框架、桥梁、容器、建筑物以及静止电气设备等
工艺流程诊断技术	各种生产工艺过程
生产系统诊断技术	各种机组和工艺过程组成的生产系统

§ 0-4 故障诊断技术的实施过程

虽然根据诊断的目的要求、诊断的物理参数以及诊断的直接对象不同,可将故障诊断技术分为上述多种类型,但在实施各种类型的故障诊断技术时,其基本的过程是相同的。根据故障诊断技术的逻辑思想的总结,可以认为故障诊断技术的实施过程主要包括诊断文档建立和故障诊断实施两大部分,具体如图 0-3 所示。

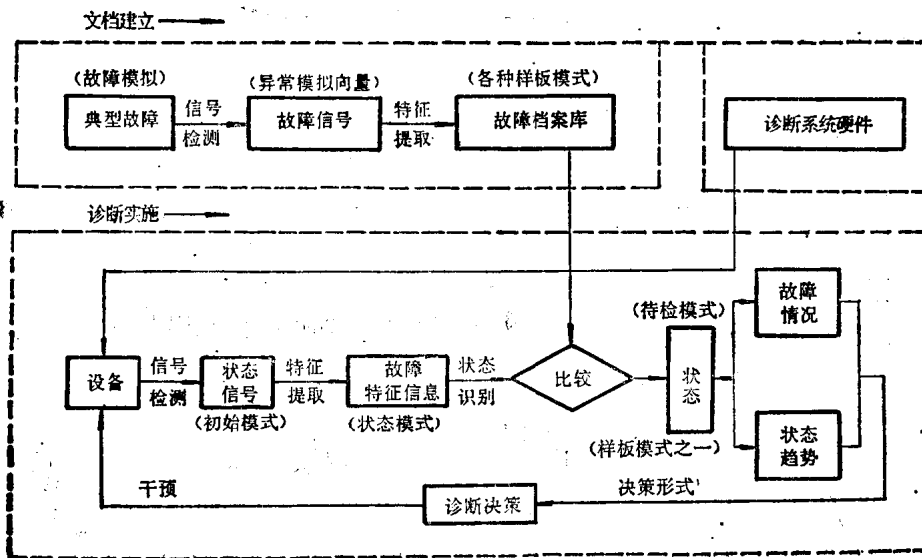


图 0-3 故障诊断技术实施过程