



石油高等教育“十一五”规划教材



机械故障诊断技术

第2版

JIXIE GUZHANG ZHENDUAN JISHU

裴峻峰 齐明侠 杨其俊 编著

中国石油大学出版社

责任编辑：袁超红 穆丽娜
封面设计：赵志勇



机械故障诊断技术 第2版

JIXIE GUZHANG ZHENDUAN JISHU

ISBN 978-7-5636-3215-2



9 787563 632152 >

定价：25.00元



石油高等教育“十一五”规划教材

机械故障诊断技术

第2版

裴峻峰 齐明侠 杨其俊 编著

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械故障诊断技术/裴峻峰,齐明侠,杨其俊编著.

—2 版. —东营:中国石油大学出版社,2010. 8

ISBN 978-7-5636-3215-2

I. ①机… II. ①裴… ②齐… ③杨… III. ①机械设
备—故障诊断 IV. ①TH17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 156478 号

书 名: 机械故障诊断技术
作 者: 裴峻峰 齐明侠 杨其俊

责任编辑: 袁超红 穆丽娜

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛锦华信包装有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532,0546—8392563)

开 本: 180×235 印张: 16.625 字数: 332 千字

版 次: 2010 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

Preface

第2版前言

春风又绿江南岸。岁月匆匆,时光飞驰,自1996年3月本书第1版出版,迄今已过去14年。在这14年中,本书一直作为教材在一些高校本科教学中使用,也是许多在石油石化行业从事机械设备故障诊断的工程技术人员参考资料。本书第1版曾于1998年被评为华东地区大学出版社优秀教材二等奖。

基于故障诊断的理论、方法和计算机技术等相关技术的迅速发展,机械故障诊断技术也有了较大的进展,新技术、新方法不断涌现,其应用亦越来越广泛。作为一本教材,及时地反映相关的新知识和新技术是非常有必要的。在这期间,作者一直从事机械故障诊断的科学研究与教学工作,有不少体会和收获也想与读者分享。在中国石油大学出版社的大力支持和推动下,作者对本书进行了重新编写。

本书第2版的体系结构与第1版基本相同,但在具体内容上进行了修改、更新、完善。例如,在“第3章振动信号的分析与处理”中增加了故障诊断中一些重要参数(如峭度、裕度指标等)的介绍,增加了拉普拉斯变换和其他频域参数两节;在“第4章振动诊断技术”中增加了共振解调技术;在“第5章其他机械故障诊断技术”的油样分析技术部分介绍了油样分析技术在钻井泵故障诊断中的应用实例;在“第6章机械故障诊断新技术”中补充了模糊数学方法用于钻井泵动力端轴承故障诊断的应用实例,增加了目前应用较多的径向基(RBF)神经网络的内容,并增加了故障诊断的小波分析方法。第2版内容的更新和完善是作者在科学研究和教学工作中的应用心得,也是机械故障诊断技术新动态和新发展的反映。

本书第2版由裴峻峰、齐明侠、杨其俊编写。其中,裴峻峰在第1版基础上增编了拉普拉斯变换、其他频域参数、共振解调技术、故障诊断的小波分析方法及径向基(RBF)神经网络等内容,并负责全书的统稿工作;杨其俊编写了本书第1版的第1

章、第 2 章、第 6 章；齐明侠负责书中全部图表的处理。

作为一本主要用于高校本科教学并供相关专业研究生和工程技术人员参考的教材，我们在编写中力图做到理论正确明晰，内容完整简洁，层次分明清晰，知识循序渐进，以便于自学和讲解。但由于编者水平有限，虽然竭尽全力，但书中肯定仍有不足之处，敬请专家和读者指正。

编 者

2010 年 2 月

Preface

第1版前言

“众里寻他千百度，蓦然回首，那人却在灯火阑珊处”。如何识别重要的机械设备在运行中存在故障的蛛丝马迹，做到防微杜渐，防患于未然，一直是人们所渴求的。眼看耳听手摸，凭借经验，曾使人们找出了机器中存在的不少问题。然而，对于每分钟上万转的高速转子的故障前兆，对于宏观症状不明显的机械故障，老办法已无能为力。伴随着现代工业和现代科学技术的飞速发展、计算机技术和信号分析技术的进步和日趋成熟，一门年轻、充满生机和活力的新应用学科——机械故障诊断技术——应运而生，并且取得了令人瞩目的成就。

为了比较系统地介绍机械故障诊断技术这门新兴的、综合性的应用学科，我们结合从事相关教学和科研的经验编写了本书。在内容上，本书力图做到理论联系实际，由浅入深，循序渐进，并尽可能地结合此技术在石油、石化行业的应用特点，力求反映此技术的最新动态和发展。

本书共分六章，由裴峻峰、杨其俊编写。其中，第一章绪论、第二章振动诊断的测试技术、第六章机械故障诊断新技术由杨其俊编写；第三章振动信号的分析与处理、第四章振动诊断技术、第五章其他故障诊断技术由裴峻峰编写。全书由李继志教授审阅。

本书可作为机械类本科专业机械故障的监测与诊断课程的教材，也可供相关专业的研究生或技术人员参考。

由于我们水平有限，书中定有不少疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

编者

1996年3月

目 录 Contents

第 1 章 绪 论	1
1.1 机械故障诊断的定义、分类及意义.....	1
1.2 机械故障诊断的基本方法	6
第 2 章 振动诊断的测试技术	13
2.1 振动诊断测试概述.....	13
2.2 测振传感器.....	16
2.3 传感器的选择、使用及标定	26
2.4 激振设备和激振方法.....	36
2.5 测振放大器.....	43
2.6 振动信号的显示记录与分析设备.....	47
2.7 测试方案制订及对测试系统的要求.....	53
2.8 噪声测试技术简介.....	57
第 3 章 振动信号的分析与处理	62
3.1 信号的类型、特点及预处理技术	62
3.2 信号的幅值域分析.....	70
3.3 傅里叶级数及傅里叶变换.....	81
3.4 拉普拉斯变换.....	89
3.5 信号的相关分析.....	94
3.6 功率谱密度函数.....	99
3.7 其他频域参数	103
3.8 信号的传递函数分析	104
3.9 信号处理的其他技术	107

3.10	快速傅里叶变换·····	112
第4章	振动诊断技术 ·····	117
4.1	振动诊断技术概述·····	117
4.2	滚动轴承的故障诊断技术·····	118
4.3	齿轮装置的故障诊断技术·····	130
4.4	旋转机械的故障诊断技术·····	141
4.5	共振解调技术·····	157
4.6	振动诊断技术的其他应用·····	158
第5章	其他机械故障诊断技术 ·····	168
5.1	油样分析技术·····	168
5.2	红外监测技术·····	179
5.3	超声波故障诊断·····	186
5.4	声发射故障诊断·····	194
5.5	计算机辅助监测诊断系统·····	200
第6章	机械故障诊断新技术 ·····	209
6.1	故障诊断的模糊数学方法·····	209
6.2	故障诊断的人工神经网络方法·····	233
6.3	故障诊断的小波分析方法·····	240
6.4	故障诊断专家系统简介·····	249
	参考文献·····	255

第1章 绪论

Chapter 1

1.1 机械故障诊断的定义、分类及意义

所谓机械故障诊断,就是应用信号分析和故障诊断理论,利用现代科学技术和仪器,根据机械设备(系统、结构)外部信息参数的变化来判别机器内部(系统)的工作状况或机械结构的损伤状态,确定故障的性质、程度、类别和部位,并研究故障产生的机理。机械故障诊断技术是近年来国内外发展较快的一门新兴学科,它所包含的内容比较广泛,诸如机械状态量(力、位移、振动、噪声、温度、压力和流量等)的监测,状态特征参数变化的辨识,机械产生振动和损伤时的原因分析、振源判断和故障防治,机械零部件使用期间的可靠性分析及剩余寿命的估计等,都属于机械故障诊断的范畴。

1.1.1 机械故障的定义和分类

机械故障是指机械设备(系统、结构)在它应达到的功能上降低或丧失了工作效能的现象和程度,即在功能上达不到技术要求、丧失或部分丧失了所要求的规定性能或状态。

可从不同的角度对故障进行分类:

1) 按故障的性质分类

- (1) 间断性故障。在较短时间内设备丧失某种功能,以后又恢复功能。
- (2) 永久性故障。故障造成的设备功能丧失必须在某些零件更换或修复后才能恢复。这类故障还可细分为完全丧失所需功能的完全性故障和导致某些功能丧失的部分性故障。

2) 按故障发生的快慢程度分类

- (1) 突发性故障。不能通过早期试验或测试来预测的故障。
- (2) 渐发性故障。能通过早期试验或测试来预测的故障。

3) 按故障的严重程度分类

- (1) 破坏性故障。故障发生将立即导致机械设备全面丧失工作能力。这种故障

既是突发性的,又是完全性的。

(2) 渐发失效性故障。故障是逐渐发生的,将逐步降低机械设备的功能或使部分功能丧失。这种故障既是渐发性的,又是部分性的。

4) 按故障产生的原因分类

(1) 磨损性故障。机械设备正常工作磨损引起的故障,这实际上反映了机械设备的寿命。

(2) 错用性故障。机械设备运行中操作使用不当或意外情况引起某些零件应力超过设计允许值而产生的故障。

(3) 固有的薄弱性故障。机械设备工作中的应力没有超过设计规定值,但由于设计或制造不恰当造成设备中存在某些薄弱环节而形成的故障。

1.1.2 机械故障诊断技术的分类

机械故障诊断技术包括机械零件或结构的诊断技术、机械设备的诊断技术和机械系统的诊断技术三方面内容。工程实际中机械设备(结构、系统)的工作或运行状态多种多样,其环境条件亦相差很大,由此产生了不同类型的技术诊断方法。具体分类如下:

1) 功能诊断和运行诊断

对新安装或维修的机械设备等需要诊断其功能是否正常,并根据检查或诊断结果对其进行必要的调整,称为功能诊断;对正在服役的机械设备或系统等运行状态的诊断,监视其故障的发生或发展,称为运行诊断。

2) 定期诊断和连续监控诊断

定期诊断是指对机械设备进行定期常规检查和诊断,亦称巡检;连续监控诊断是采用现代化仪表和计算机信号处理系统对机器或系统的运行状态进行连续监视和控制。

3) 直接诊断和间接诊断

直接根据机器关键零部件的信息(一次信息)确定这些零部件的状态,称为直接诊断。当受到机器结构和运行条件的限制无法进行直接诊断时,只能采用间接诊断方法。间接诊断是通过二次信息间接地判别关键零部件的状态变化。

4) 常规诊断和特殊诊断

在机器正常运行(即常规工况)下进行的诊断,称为常规诊断;借助于机器特殊工况(如机组的启动和停车过程)进行的诊断,称为特殊诊断。

5) 简易诊断和精密诊断

简易诊断相当于初诊,一般由现场作业人员进行,能对机械设备的状态迅速有效地作出概括性的评价;对简易诊断不能完全确定的故障要进行专门的精密诊断,一般由精密诊断专家来实施。

1.1.3 机械故障诊断的意义及作用

1. 意义

要求机械设备不出故障是不现实的,最好的设备也不可能永远不出故障,重要的是能及时发现设备的异常和故障,掌握设备的运行现状,把握其发展趋势,对已形成的或正在形成的故障进行分析诊断,判断故障的部位和产生的原因并及早采取有效的防治措施,做到防患于未然。机械故障诊断技术就是为了适应这一需要而发展起来的一门科学。

2. 现代故障诊断技术是机械设备维修制度改革的基础

自18和19世纪以蒸汽机和电动机为代表的二次工业革命以来,机械设备的维修制度经历了三个阶段,即事后维修(breakdown maintenance)、预防性维修(preventive maintenance)以及现代化的预知性维修(condition maintenance, predictive maintenance)。

1) 事后维修

早期工业设备的技术水平和复杂程度低,生产规模小,设备的利用率和维修费用问题没有引起人们的注意和重视,对机械设备的故障也缺乏认识,故只在设备坏了后才进行修理,因此称为事后维修。

2) 定期预防性维修

20世纪初以来,随着大生产的发展,出现了以福特汽车装配线为代表的流水线生产方式。机械设备向着大型化、高速度和高自动化程度的方向发展,机械设备本身的技术水平和复杂程度大为提高,机器事故或故障对生产的影响显著增加,在这种情况下出现了定期预防性的维修方式,以便在事故发生之前就进行检修或更换零部件。

这种维修制度带有很大的盲目性,既不经济又不合理。一台机器不出毛病,到大修时也要解体检查,其缺点十分明显。一方面维修过剩,带来的检修量大,耗时费资;另一方面,机器过多拆卸会造成人为故障,并存在需要更换的备品和备件多及维修费用大等缺点。这种过剩维修耗费了大量的人力、物力和财力,致使维修费用在生产成本中占有很大的比重。由这种过剩维修造成的浪费及带来的损失亦是十分惊人的。据美国官方统计的资料,1980年美国工业设备维修费用达2460亿美元,而中央和地方税收为7500亿美元,维修费用几乎占了总税收的1/3。其中的750亿美元则是由于不恰当的维修方法(包括缺乏正确的状态监测和诊断技术)而白白浪费了。

3) 预知性维修

预知性维修是根据在线监测和诊断装置所预报的设备故障状态判断设备的劣化程度、发展趋势,确定机械设备的维修时间和内容。预知性维修以机械设备的实际情况为依据,以机械故障诊断技术为基础,减少了设备的过剩维修,使设备的利用率得以显著提高。

例如,日本日立公司将故障诊断技术应用于预知性维修中,公司所属某电站汽轮机车间的事故发生率降低了80%。另据日本资料介绍,采用设备诊断技术后每年的设备维修费用可减少25%~50%,故障停机时间则可降低75%。由此可见以故障诊断技术为基础的预知性维修制度可带来非常显著的经济效益。

3. 故障诊断技术的重要作用

故障诊断技术是维修制度改革——将计划预防性维修变为预知性维修——的技术基础,具有重大的经济价值。此外,它还具有如下重要作用:

(1) 故障诊断技术在保证重要工业系统的合理安排、优化设计、设备的安全运行、预防和减少恶性事故的发生、消除故障隐患、提高生产率和降低成本等方面都有重要的技术和经济价值。

(2) 故障诊断技术在工艺过程和产品质量检验中的应用,对于提高各工业部门的生产水平、实现高质优产具有重要作用。

(3) 故障诊断技术在各种工程结构损伤程度确诊中的应用,对于防止重大恶性事故等同样具有十分重大的意义。

1.1.4 故障诊断技术的发展及应用概况

1. 故障诊断技术的发展背景

现代工业的特点是生产设备大型化、连续化、高速化和自动化。这些生产设备在提高生产率、降低成本、节约能源和人力、减少废品率、保证产品质量等方面有很大的优势,但从另一方面来看,由于机械设备发生故障而停工造成的损失同样随之增加,维修费用也大幅度上升。现代化大生产(如石油、石化、化工、电力、钢铁等)都采用单机、满负荷、连续性的生产操作方式,一些大型机械成了现代化大规模生产装置中的关键设备,一旦出现停机故障就将导致全厂停产,由此造成的经济损失将是十分巨大的。例如,我国石化、化工系统引进的30万t合成氨装置和30万t乙烯装置均拥有多种类型的大型机组(汽轮机、压缩机和泵等),如因机器故障停产一天,产值损失则在50万~100万元以上;电力部门一台30万kW的发电机组因故障停机一天,则少发电720万kW·h,其直接经济损失非常可观。类似的例子还有很多。另外,某些现代尖端设备或结构发生故障还可能导致重大事故。例如,前苏联切尔诺贝利核电站爆炸、美国三里岛核电站放射性物质外逸、印度博帕尔市农药厂毒气泄漏、美国“挑战者”号航天飞机失事等,都是近代设备重大事故中的典型。我国也经历了不少技术上的设备事故,如电力部门先后有两台20万kW汽轮发电机组发生重大灾难性事故,其中一台转子系统断成七段,一个联轴节飞出竟打穿四堵墙壁。化工、石化部门也曾发生过大型机组的严重振动故障和破坏性事故等。以上故障不仅造成十分惊人的经济损失,也给人身安全带来了严重的危害。一些大型工程结构(如海洋平台、大型桥梁及建筑物等)的破坏性故障造成的损失,同样是难以估量的。

2. 故障诊断技术的发展及应用

机械设备状态监测与故障诊断技术是为了解决现代大型工业生产设备故障及带来的巨大后果问题而诞生和发展的,它是20世纪60年代中后期发展起来的一门新兴学科。在诊断技术的理论及应用研究方面,美国、日本及欧洲的一些发达国家一直走在世界前列。美国在诊断技术上的开发最早,并比较成功地应用在航天、航空、军事及机械等工业中;日本在钢铁、化工、铁路等民用工业部门的诊断技术方面发展很快,并有较高的水平;英国、瑞典和挪威等在某些方面有特色或处于领先地位;丹麦在振动监测诊断和声发射监测仪器方面有较高的水平。

我国故障诊断技术的研究和应用相对较晚。1986年在我国召开了第一次机械设备诊断技术国际会议;1987年5月中国振动工程学会故障诊断专业委员会成立;从1986年起,每两年召开一次全国性的故障诊断学术会议。北京、天津和沈阳等地先后成立了机械设备诊断技术开发研究中心,国内许多重点大学都成立了故障诊断研究室,并培养了这方面的高级专门人才。

在应用方面,1983年原冶金部将宝钢和太钢作为开展诊断技术研究的试点单位;石化系统从20世纪70年代组织无损检测到20世纪80年代开展设备状态监测,已在几乎所有的大型机组上安装了状态监测系统;水电行业以大机组为重点,开展机械设备故障诊断的研究。此外,机械工业在现场简易诊断和精确诊断方面,航空工业在研制诊断仪器方面,核工业在进行反应堆故障诊断和寿命预测方面,铁道部门在内燃机车油液的光谱、铁谱分析和电力机车诊断方面,交通部门在汽车不解体检测方面等都是卓有成效的。在工艺过程的诊断和控制中,国内已广泛开展机械加工工艺质量的监视、诊断和控制,带钢冷轧质量的振动监测,热处理工艺过程、炼钢工艺过程和化工工艺过程的诊断,以及控制系统、电网输配等能源系统的故障诊断等。

我国石油石化高校、科研院所等开展石油装备故障诊断与状态监测方面的应用研究虽然相对较晚,但是已经卓有成效。1993年5月,首届石油装备故障诊断技术研讨会在大庆油田召开;1995年8月,又在大港油田召开了第二届研讨会。中国石油大学、西安交通大学、北京化工大学、西安石油大学、常州大学及中国石油勘探开发科学研究院等相继开展了石油机械故障诊断与状态监测方面的研究,在多级离心式注水泵、柴油机、往复泵、抽油机、石化大型机组、大型压缩机等的故障诊断应用研究方面取得了有价值的研究成果,其成果在生产实际应用中取得了较好的经济效益,目前这方面的应用研究还在不断深入进行。在实际应用中,国内各大油田和石化企业等相继开展了设备维修制度的改革,投入大量资金购置了比较先进的仪器设备,用于关键设备的故障诊断和状态监测,从而使油田和石化企业的设备维修及管理水平迈上了新台阶。新技术和新设备的应用不仅可及时消除事故隐患,做到防患于未然,还可避免过剩维修,保证良好的设备综合利用率和完好率,为油田带来可观的经济和社会效益。

1.2 机械故障诊断的基本方法

1.2.1 机械故障信息的获取方法

机械故障信息的获取方法主要有：

1) 直接观察法

对静止或运行的机械设备(包括结构)直接观察,可以获得机械设备或结构的外部信息资料。这是一种古老而简单的定性方法,要根据操作人员的经验作出判断,且仅局限于能直接观察到的机械设备、结构或零件等。为扩大和延伸观察范围、提高观察能力,观察中往往使用一些辅助的工具或仪器,如听棒、涂料、光学窥视镜、光纤探头、红外测温仪等。

2) 参数测定法

根据机械设备运行时各种参数的变化来获取诊断信息是目前应用很广的一种方法。机器运行时的振动和噪声是重要的诊断信息来源,直接反映了机器的运行状态。根据测量的振动(噪声)强度,可以初步判定机器的健康状况;再利用信号处理的频谱分析技术及其他信息(如温度、压力、变形、阻值、磁场等参数的变化),可以进一步判定故障的性质和部位等。

3) 磨损残余物分析法

测定机器零部件磨损残余物在润滑油中的含量也是一种获取故障信息的有效方法。根据润滑油中残余物含量、润滑油的混浊度变化及油样分析等结果,可以迅速获取机器失效的有关信息。

4) 机器整机性能测定

可以通过测定表征机械设备性能特定参数的变化及输入输出量的变化来判别机器是否有故障。例如,机器燃料与输出功率的变化关系,机床加工精度的变化,热交换器温差的变化,离心泵、钻井泵、柴油机、压缩机、鼓风机等性能曲线的变化等,都在一定程度上反映了机器的工作状态,提供了诊断故障的信息。

5) 关键零部件性能测定

对整机可靠性起关键作用的零部件,有必要进行特殊测定。例如,大型电机、离心压缩机转子自振特性测定及动平衡测试,采用热电偶监测重要轴承温度状况,用非接触传感器监测重要轴的轴心轨迹和位置等。

1.2.2 机械故障诊断的功能和过程

机械设备故障诊断技术应具备如下功能：

(1) 在不拆卸机械设备的条件下,能够定量检测、评价设备各部分的运动和受力状态、缺陷和磨损状态、性能的劣化和故障状态；

- (2) 能够确定设备的故障性质、部位、程度和发展趋势,预测设备的可靠性程度;
 (3) 能够确定设备发生异常时的修复方法。

因此,机械设备的故障诊断应包括如下环节:

- (1) 监测机械设备状态参数;
 (2) 进行信号处理,提取故障的特征信息;
 (3) 确定故障的类型及发生部位;
 (4) 对所确定的故障进行防治处理或控制。

机械故障诊断的过程如图 1-1 所示。

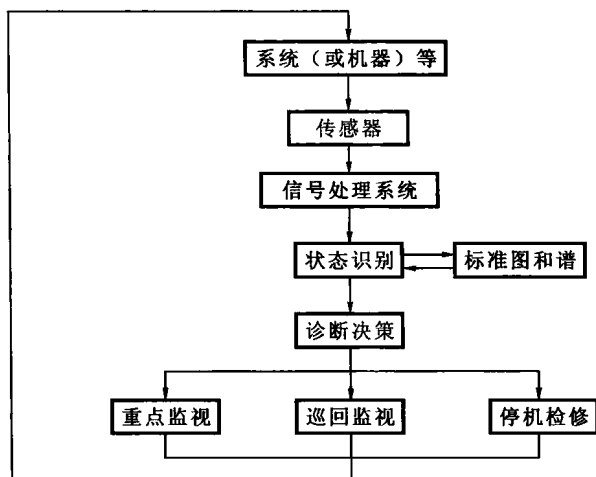


图 1-1 机械故障诊断过程框图

1.2.3 诊断信息的监测与分析技术

以各种测量传感器为基础,采取不同的检测手段,如通过对运行的机械设备振动、噪声、变形、应力、裂纹、磨损、腐蚀、温度、压力、流量、电流、转速、扭矩和功率等各种参数的测量获取相应的诊断信息,由此逐渐发展了不同的专门诊断技术,包括:

1) 机械振动监测与分析技术

目前在诊断技术上应用最多的是机械振动信号,其原因首先是由振动引起的机械损坏比例很高。据统计,因振动产生的机械故障占 60% 以上;其次,机器运转过程中振动信号的获取容易且振动信号中包括大量反映机械设备状态的信息,很多机械故障都能以振动状态的异常反映出来。近年来,基于振动测试手段和信号分析技术的迅猛发展以及电子计算机技术的进步,振动监测与分析技术已成为机械故障诊断的重要手段。

2) 热红外监测与分析技术

热红外监测与分析技术主要是利用红外探测器或热红外成像技术对诊断对象的温度状态进行监测及对各种结构或机械设备各部位存在的缺陷和隐患等进行无损探

伤。

3) 超声与声发射监测与分析技术

超声与声发射技术也是无损探伤中常用的方法。

超声监测与分析技术是利用超声波射入被检物,根据被检物内部缺陷处反射回来的声波判别缺陷的存在、位置、性质和大小等。它可用来监测诸如管壁腐蚀程度、重要机床零件及材料内部损伤或裂纹的产生与发展情况等。

声发射技术利用材料内部裂纹在发生和发展过程中发射的弹性波会急剧增加的原理,可以监测和诊断静设备或压力容器的工作状态,发现输送管道、桥梁等构件焊接部位的缺陷,检测核电站放射性物质的泄漏等。

4) 润滑油的光谱、铁谱分析技术

光谱分析技术就是利用光谱分析仪的原子吸收或原子发散光谱原理,分析油样中金属成分含量,判断机器设备中零件的磨损及磨损程度。

铁谱分析技术是利用铁谱分析仪,从润滑油中分析磨损残渣的数量、粒度、形态和成分,从而定量评价机械设备重要零部件的磨损程度和磨损性质。

5) 噪声监测与分析技术

振动是噪声的来源。噪声的监测与分析一方面可以寻找声源(振源),以采取相应的降噪(振)措施;另一方面也可用噪声信号判别机器的故障。当机器发生故障时,往往会发出某种不正常的声音。与振动诊断类似,同样可以从噪声信号中提取特征信号,检测故障的原因和部位等。

除以上常用的故障监测与分析技术外,还有判断机器内部故障状态的激光、光纤和视频成像技术,分析工作介质成分变化的气相色谱技术,检测金属内部缺陷的 X 射线及其他无损检测技术等。

1.2.4 信号处理技术

在检测到的动态信号中蕴含着设备状态变化和故障特征的丰富信息,信号处理是提取故障特征信息的主要手段,故障特征信息则是进一步诊断设备故障原因并采取防治对策的依据。

工程领域中的各种物理信号随时间的变化过程表现为多种形式,如简谐的、周期的、瞬态的、随机的等。由于传递路径、环境噪声的影响和各种机械元件的联合作用,这些被检测到的信号的构成成分很复杂。如果单从时域波形上直接观察,往往很难看出设备究竟是正常还是异常、有无故障及故障的性质和部位等。为此,必须对检测到的信号进行加工处理,以便更全面、更深刻地揭示动态信号中所包含的多种信息。

动态信号的分析处理方法有多种,诸如时域处理、频域处理、幅值域处理、时差域处理以及传递特性分析等。通过傅里叶变换可以实现频域和时域的相互转换,从而揭示信号中的某些实质性问题。

初期信号的分析处理主要是通过模拟式分析仪器进行。自 20 世纪 60 年代末以