



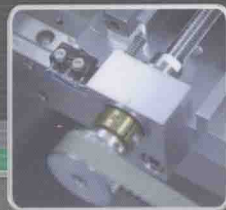
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

机电设备维修

第2版

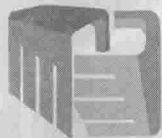
JIDIAN SHEBEI WEIXIU

◎ 冯锦春 吴先文 主编



配教学资源

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

机电设备维修

第2版

主 编 冯锦春 吴先文
副主编 万文龙
参 编 曹龙斌 曾令全 钱 斌
 赵金德 李 斌
主 审 陈云明



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是“十二五”职业教育国家规划教材,是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准(试行)》,同时参考机修钳工和维修电工职业资格标准编写的。本书共分6个学习单元、31个任务,主要介绍了机电设备维修前的准备、机电设备的拆卸与装配、机械零部件的修复技术、机电设备修理精度的检验、典型机械零部件及电器元件的维修、典型机电设备的维修等内容。本书将机械与电气知识有机地融合于一体,兼顾机电设备维修的基础知识与基本技能,将传统设备维修技术与现代维修新技术、新工艺相结合,强调理论和实践相联系,列举了大量的典型现场维修实例,反映了机电设备维修领域的最新发展成果。

本书可作为高等职业技术教育机电一体化专业教材,也可作为机电设备维修与管理、数控设备应用与维护、机电产品市场营销等其他机电类专业教材,还可供从事机电设备维修的工程技术人员和工人学习时参考。

为便于教学,本书配有电子教案、助教课件等教学资源,选择本书作为教材的教师可来电(010-88379195)索取,或登录www.cmpedu.com网站,注册、免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

机电设备维修/冯锦春,吴先文主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2015.1

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-111-48880-4

I. ①机… II. ①冯…②吴… III. ①机电设备—维修—高等职业教育—教材 IV. ①TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第293335号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张晓缓 责任编辑:张晓缓 王海霞

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·20印张·495千字

0 001—2 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-48880-4

定价:39.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

本书是按照教育部《关于开展“十二五”职业教育国家规划教材选题立项工作的通知》，经过出版社初评、申报，由教育部专家组评审确定的“十二五”职业教育国家规划教材，是根据《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》及教育部新颁布的《高等职业学校专业教学标准(试行)》、“机电设备维修”课程大纲要求，同时参考机修钳工和维修电工职业资格标准，从该课程的培养目标及知识、能力结构要求出发，在第1版基础上修订而成的。

随着科学技术的迅速发展并日趋综合化，特别是“机电液”一体化技术的应用，对装备水平升级换代的要求越来越高，对设备维修人员也提出了更高的要求。此次修订，在教材内容的安排上，优化重构了课程体系，将“产业对接、校企合作、工学结合”的思路贯穿到教学全过程，系统培养学生的理论知识和实践技能、学习能力和职业能力，为学生未来可持续发展奠定坚实基础。本书共分6个学习单元、31个任务，各学习单元均补充了学习目标、知识链接等内容，强化了典型现场设备维修实例，增加了设备故障诊断技术、纳米复合电刷镀、激光熔敷等最新设备修复技术，更新了常见电气系统故障诊断与排除等内容。在习题方面也增加了判断故障点、设计维修方案等实践性、开放性题目，拓展了学生的专业知识面。此外，各学习单元还作了适当修改，内容更加简明扼要，较好地体现了现代职业教育的基本指导思想。

本书的特点为：将机械与电气知识有机地融合于一体，兼顾机电设备维修的基础知识与基本技能，将传统维修技术与现代维修新技术、新工艺相结合，强调理论和实践相联系，精选了大量的典型现场维修实例。

本书由冯锦春、吴先文任主编，万文龙任副主编，安徽机电职业技术学院陈云明任主审。学习单元一由河南工业职业技术学院曹龙斌、四川工程职业技术学院冯锦春编写，学习单元二由四川工程职业技术学院曾令全编写，学习单元三由四川工程职业技术学院吴先文编写，学习单元四由烟台市技术学院赵金德编写，学习单元五由安徽机电职业技术学院钱斌编写，学习单元六由四川习武机电设备有限公司李斌和常州机电职业技术学院万文龙编写。本书经全国职业教育教材审定委员会审定，教育部专家在评审过程中对本书提出了很多宝贵的建议，在此对他们表示衷心的感谢！

由于编者的水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

目 录

前言

学习单元一 机电设备维修前的准备	1
任务一 了解设备维修技术的地位和作用	2
任务二 了解设备维修技术的发展概况	3
任务三 了解设备故障诊断技术	5
任务四 了解设备零件的失效形式及修理更换原则	24
任务五 了解设备维修前的准备工作	38
任务六 了解设备修理计划的编制与实施	44
思考题与习题	48
学习单元二 机电设备的拆卸与装配	50
任务一 机电设备的拆卸	50
任务二 机械零件的清洗	58
任务三 机械零件的检验	60
任务四 装配尺寸链	64
任务五 典型零部件的装配	69
思考题与习题	99
学习单元三 机械零部件的修复技术	101
任务一 了解机械零部件修复工艺	101
任务二 机械修复法	106
任务三 焊接修复法	113
任务四 热喷涂修复法	120
任务五 电镀修复法	125
任务六 粘接修复法	132
任务七 刮研修复法	137
任务八 其他修复技术	141
思考题与习题	144
学习单元四 机电设备修理精度的检验	147
任务一 设备修理中常用检具、量仪、研具的选用	147
任务二 机电设备几何精度的检验方法	157
任务三 装配质量的检验和机床试验	168
任务四 机床大修理质量检验通用技术要求	171
思考题与习题	178



学习单元五 典型机械零部件及电器元件的维修	181
任务一 典型机械零部件的维修	181
任务二 常见电气故障的诊断与维修	193
思考题与习题	205
学习单元六 典型机电设备的维修	206
任务一 卧式万能升降台铣床的维修	206
任务二 数控机床类设备的维修	222
任务三 复印机的维修	266
任务四 洗衣机的维修	271
任务五 桥式起重机的维修	283
任务六 电梯的维修	295
思考题与习题	310
参考文献	314

学习单元一 机电设备维修前的准备

随着我国社会主义市场经济的建立和深入,整个工业生产对机电设备的要求和依赖程度越来越高。机电设备对工业产品的生产率、质量、成本、安全、环保等,在一定意义上有决定性作用。工业生产用的各种机电设备的状况如何,不仅反映企业维修技术水平的高低,而且是衡量企业管理水平的标志。

生产设备在使用中会磨损,需要修理和更换零件;对一些突发性的故障和事故,需要组织抢修。机电设备维修技术就是以机电设备为对象,研究和探讨其拆卸与装配、失效零件修复、修理精度检验、故障消除方法及响应技术。

本单元主要研究和讨论机电设备维修技术的基础知识。主要内容有:设备维修技术的地位和作用、设备维修技术的发展概况、设备故障诊断技术、设备零件的失效形式及修理更换原则、设备维修前的准备工作、设备修理计划的编制与实施。



学习目标

1. 了解机电设备修理的一般程序和工作过程。
2. 了解机电设备修理的类别、内容及修理技术要求。
3. 了解机电设备修理前的准备工作。
4. 了解设备故障诊断的常用方法。
5. 理解并掌握机电设备故障及零件失效的形式、产生原因与对策。
6. 熟悉机电设备及典型零部件故障诊断的基本内容和基本方法。
7. 熟悉机械设备修理中的常用检具和量具的使用方法。
8. 树立安全文明生产意识和环境保护意识。



知识链接

与本学习单元内容相关的知识可参阅以下图书或网站。

- [1] 周树,等.实用设备修理技术[M].长沙:湖南科学技术出版社,1995.
- [2] 北京农业大学机械维修工程研究室.机械维修工程与技术[M].北京:机械工业出版社,1989.
- [3] 王修斌,程良骏.机械修理大全:第1卷[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1993.
- [4] 设备管理与维修网:www.pme.com.cn/
- [5] 中国机电一体化技术应用协会官方网站:www.cameta.org.cn/

任务一 了解设备维修技术的地位和作用

一、设备故障

机电设备在使用中因某种原因丧失了规定机能而中断生产或降低效能时的状态称为设备故障。设备故障一般按其发展过程分为突发故障和偶发故障两类。突发故障是指由于各种不利因素的叠加或偶然的外界因素的影响,共同发生作用,超出了设备所能承受的限度而发生的故障。设备故障是随机的,与设备的使用时间无关,一般无明显的先兆,不可能或不便于通过早期测试或人的感官来发现。这类故障往往由操作调整失误、控制元件失灵、材料内部缺陷、电流击穿或烧毁等原因引起。偶发故障是指由于各种因素使设备初始性能劣化、衰减过程的发展而引起的故障。这类故障是在工作中逐渐形成的,它与设备的使用时间有关,一般有明显的先兆,可以通过人的感官或早期测试发现,若能采取一定的措施,是可以避免其发生的。这类故障通常是由零件的磨损腐蚀、疲劳蠕变、材料老化等原因引起的。

根据设备在使用期内所发生的故障率变化特性,设备的故障期通常可分为3个时期:

(1) 初期故障期 是指在设备初期使用阶段,由于设计、制造、装配及材质等缺陷引发的故障。通过运转磨合、检查、改进等手段可使其缺陷逐步消除,运转趋于正常,从而实现逐渐减少这类故障的目的。认清这一特点后,就应加强改善性修理,逐项消除设备的设计、制造与装配的缺陷,使设备能较快地正常运转。设备维修部门应该把设备的改造工作列为自己的主要任务之一。

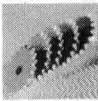
(2) 偶发故障期 这一时期是设备有效使用运转阶段,故障率稳定在比较低的水平,且大多是由于违章操作和维护不良而偶然发生的。出现偶发故障时,应该突击抢修,并且查清原因,采取措施,防止事故再度发生。为此,一方面应该加强对设备操作人员的技术教育,提高他们的技术水平;另一方面要重视对设备维修人员的培养教育,开展多方面训练,培养一支精干的设备维修队伍。

(3) 磨损故障期 设备由于使用日久、磨损严重而加剧劣化,故障率会剧增。这时必须采取修理措施,改善设备的技术状况。根据设备磨损的规律,应该加强对设备的日常维护和保养、预防性检查、计划修理和改善性修理。对引进的设备,则应尽快掌握其操作和维修技术,充分发挥设备的效能。

二、设备维修技术的地位和作用

“工欲善其事,必先利其器”。这里的“事”是指工作、生产,“器”是指工具、设备。就是说,工厂要想搞好生产,使用的工具和设备必须得心应手。这句古语朴素地说明了设备维修工作在工业企业中的地位。在工业企业中,设备维修工作的水平,直接影响着生产能力、产品质量、产量、能源消耗、生产成本和劳动生产率等各个方面。充分发挥设备管理与维修工作的效能,使企业的生产经营活动建立在良好的物质、技术基础之上,企业经济效益的提高才有保障。

加强设备的管理与维修工作,机器设备才能得到合理的使用,正确而适时地维护与保养,有计划地修理、更新、改造,企业可以获得明显的效益,主要体现在:



- 1) 提高设备完好率, 延长设备的使用寿命。
- 2) 降低设备的故障率, 保证企业生产的顺利进行。
- 3) 提高设备利用率, 充分挖掘设备潜力。
- 4) 降低成本, 减少停工损失和维修费用。
- 5) 提高产品加工的质量, 减少废品损失。
- 6) 降低能源消耗, 提高劳动生产率。

随着科学技术的进步和生产水平的不断提高, 机电设备在生产中的地位和作用日益重要。特别是在现代机器制造企业中, 主要由工人操纵机器设备进行生产, 有些工厂的自动化程度很高, 工人由原来操纵设备变为监督、控制、维修设备, 而机器设备则在自动控制系统的操纵下进行生产。从某种意义上讲, 机电设备决定着企业生产的成败。因此, 加强设备管理, 正确使用设备, 对设备进行精心维护、保养和修理, 使机电设备经常处于良好的技术状态, 已成为企业管理的一项重要任务。实践证明, 机电设备管理和维修状况如何, 可以反映企业的生产状况。难以想象一个设备管理混乱、维修水平低下的企业, 能够建立正常的生产秩序, 实现均衡生产, 创造最佳的经济效益。

企业要想发展, 且稳定地提高经济效益, 就必须处理好人与设备的关系、设备与生产的关系、生产与维修的关系, 以及维修与更新、改造的关系。这是由设备管理与维修工作在企业中的地位与作用决定的。

任务二 了解设备维修技术的发展概况

机器的维护与修理和机器本身应该是结伴产生的, 但其发展并不平衡, 设备管理与有计划的预防性维修是最近几十年才发展起来的。越是工业发达的国家, 设备管理与维修工作发展得越迅速, 投入的人力、物力、财力也越多。随着工业生产的发展, 关于设备维修的生产组织、科学研究也不断发展。

一、我国设备维修技术的发展概况

我国设备维修工作是在新中国成立后迅速建立、发展起来的。党和国家对设备维修与改造工作很重视。20世纪50年代开始尝试推行“计划预修制”。随着国民经济第一个五年计划的执行, 各企业陆续建立了设备管理组织机构, 1954年全面推行设备管理周期结构和修理间隔期、修理复杂系数等一套定额标准。1961年, 国务院颁布《国营工业企业工作条例(试行)》(即工业七十条), 逐步建立了以岗位责任制为中心的包括设备维修保养制度在内的各项管理制度。1963年, 机械工业出版社开始组织编写资料性、实用性很强的《机修手册》, 使设备维修技术向标准化、规范化方向迈进了一大步。

在设备维修实践中, “计划预修制”不断有所改革, 如按照设备的实际运转台数和实际的磨损情况编制预修计划: 不拘束于大修、项修、小修的典型工作内容, 针对设备存在的问题, 采取针对性修理。一些企业还结合修理对设备进行改装, 提高设备的精度、效率、可靠性、维修性等。这些已经冲破了原有“计划预修制”的束缚。与此同时, 相继成立了中国机械工程学会及各级学术组织, 开展了多方面的学术和技术交流活动, 推动了我国的设备维修与改造工作。群众性的技术革新活动, 也给设备维修与改造增添了异彩。这一时期, 我国

工业企业的设备修理结构有两种形式：一是专业厂维修；二是企业自修。

20世纪70年代末，我国实行改革开放政策，加强了国际交往，国际交流不断，取得了可喜的成绩。采取走出去、请进来等方法，学习、借鉴英国的“设备综合工程学”和日本的“全员生产维修（TPM）”，揭开了综合引进国外先进技术的序幕，并恢复全国设备维修学会活动，创办《设备维修》杂志，原国家经委增设设备管理办公室，1982年成立中国设备管理协会，1984年在西北工业大学筹建中国设备管理培训中心。1987年，国务院颁布《全民所有制工业交通企业设备管理条例》。国内企业普遍实行“三保大修制”，一些企业结合自己的情况学习和试行“全员生产维修”，初步形成了一个适合我国国情的设备管理与维修体制——设备综合管理体制，使我国设备维修工作得到了进一步完善并走向正轨。

20世纪90年代，随着微电子技术、机电一体化等技术的不断成熟，特别是我国工业化水平的迅速提高，以技术改造和修理相结合的设备维修工作迅速发展。这一时期，在设备维修制度上，普遍推行状态维修、定期维修和事后维修等3种维修方式，以定期维修为主，向定期维修和状态维修并重的方向发展（事后维修仍然存在）。在修理类别上，大修、项修、小修3种类别已具有一定的代表性和普及性。

进入21世纪后，随着改革开放的不断深入，我国的社会主义市场经济不断完善，国外制造企业不断迁入我国，计算机技术、信号处理技术、测试技术、表面工程技术等不断应用于设备维修技术，改善性维修、无维修设计等得到迅猛发展。

二、设备维修技术的发展趋势

现代科学技术和社会经济相互渗透、相互促进、相互结合，机电设备的机电一体化、高速化、微电子化趋势越来越明显，这使机电设备的操作越来越容易，而机电设备故障的诊断和维修则变得越来越困难。而且，机电设备一旦发生故障，尤其是连续化生产设备，往往会导致整套设备停机，从而造成一定的经济损失，如果危及到安全和环境，还会造成严重的社会影响。随着社会经济的迅速发展，生产规模的日益扩大，先进生产方式的出现和采用，机电设备维修技术不断得到人们的重视和关注。设备维修技术的发展必然朝着以计算机技术、信号处理技术、测试技术、表面工程技术等现代技术为依托，以现代设备状态监测与故障诊断技术为先导，以机电一体化为背景，以满足现代化工业生产日益提高的要求为目标，以不断完善的维修技术为手段的方向迅猛地发展。

三、机电设备维修课程的性质和任务

机电设备维修课程既是机电一体化专业的主要专业课程之一，又是机电工程专业的重要专业课程之一。

通过本课程的学习，应使学生达到以下基本要求：

- 1) 掌握机电设备维修技术的基础理论与基本知识。
- 2) 熟悉机电设备的解体，设备零件的拆卸、清洗、技术鉴定方法；掌握装配尺寸链和螺纹联接件、轴与轴承、齿轮、蜗轮蜗杆及过盈配合件的装配方法。
- 3) 熟悉机械零件的各种修复技术；掌握表面工程技术；具有分析、选择和应用机械零件修复技术的基本能力。
- 4) 熟悉常用研、检具和维修电工工具的选用；掌握机电设备几何精度的检验方法、装



配质量的检验和机床试验方法、机床大修质量检验通用技术要求。

5) 掌握螺纹联接件、轴与轴承、丝杠螺母副、壳体零件、曲轴连杆机构、分度蜗杆副、齿轮、过盈配合件等典型零部件的修理、装配和调试方法；基本掌握常见电气设备故障处理和维修技术。

6) 熟悉普通机床、数控机床、机电一体化设备、自动生产线设备、桥式起重机、电梯等典型机电设备的修理技术，常见故障分析及其排除方法。

任务三 了解设备故障诊断技术

一、设备故障概述

测取设备在运行中或相对静止条件下的状态信息，通过对信号的处理和分析，并结合设备的历史状况，定量识别设备及其零部件的技术状态并预知有关异常、故障和预测未来技术状态，从而确定必要的对策的技术，即设备故障诊断技术。

在机器设备的评估中，技术鉴定是确定机器设备成新率的重要手段。

(一) 设备故障分类

设备（元件、零件、部件、产品或系统）因某种原因丧失规定功能的现象，称为设备故障。

1. 按故障发生、发展的过程分类

(1) 突发性故障 故障发生之前没有明显的可察征兆，这种故障发生得比较突然，具有较大的破坏性。

(2) 渐发性故障 故障的发生一般与磨损、腐蚀、疲劳等密切相关，其特点是：故障一般发生在元器件有效寿命的后期；故障的发生有规律，可预防；故障发生概率与设备运转时间有关。

2. 按故障的性质分类

(1) 自然故障 自然故障是指在设备运行过程中，因为自身的原因所造成的故障，又分为正常自然故障和异常自然故障。

由于正常工作中发生磨损、腐蚀等原因引起的自然故障为正常自然故障。

由于设计不当造成设备中存在的薄弱环节或者制造不当造成设备中存在薄弱环节而引发的自然故障属于异常自然故障。

(2) 人为故障 人为故障是指操作使用不当或意外原因所造成的故障。

(二) 引起故障的外因

引起故障的外因主要有环境因素、人为因素和时间因素三个方面。

1. 环境因素

所谓环境因素，就是力、能量、温度、湿度、振动、污染物这些外界因素，它们使机件发生磨损、变形、裂纹、腐蚀等各种形式的损伤。表 1-1 所列为由机械能、热能、化学能、其他能量等环境因素引起的故障。

2. 人为因素

设备在设计、制造、使用和维修过程中，始终都包含着人为因素的作用，特别是早期故

障的发生,大部分可以归结于人为因素。人为因素主要包括设计不良、质量偏差和使用不当。这三项人为因素中,对故障率影响最大的是使用不当。

表 1-1 环境因素引起的故障

环境因素	主要影响	典型故障
机械能	产生振动、冲击、压力、加速度、机械应力等	机械强度降低、功能受影响、磨损加剧、过量变形、疲劳破坏、机件断裂
热能	产生热老化、氧化、软化、熔化、粘性变化、固化、脆化、热胀冷缩及热应力等	电气性能变化、润滑性能降低、机械应力增加、磨损加剧、机械强度降低、腐蚀加速、热疲劳破坏、密封性能破坏
化学能	产生受潮、干燥、脆化、腐蚀、电蚀、化学反应等	功能受影响、电气性能下降、力学性能降低、保护层损坏、表面变质、化学反应加剧、机械断裂
其他能量	产生脆化、加热、蜕化、电离及磁化	表面变质、材料褪色、热老化、氧化,材料的物理、化学、电气性能发生变化

注:其他能量包括核能、电磁能及生物因素等。

3. 时间因素

常见的磨损、变形、裂纹、腐蚀等故障的机理都与时间有着密切的关系,所以时间也是形成故障的主要外因之一。在设备的故障中,除了意外的突发性故障以外,大多数都属于渐发性故障,而且也只有这类渐发性故障才为故障诊断提供了可能。

(三) 描述故障的特征参量

描述故障的特征参量分为两大类:第一类是直接特征参量,第二类是间接特征参量。

1. 直接特征参量

(1) 设备或部件的输出参数 设备的输出与输入的关系以及输出变量之间的关系都可以反映设备的运行状态。

(2) 设备零部件的损伤量 变形量、磨损量、裂纹及腐蚀情况等都是判断设备技术状态的特征参量。

2. 间接特征参量

设备运转中的间接特征参量(二次效应参数)主要是设备在运行过程中产生的振动、噪声、温升及电参数的变化等。

设备或部件的输出参数和零部件的损伤量都是故障的直接特征参量,而二次效应参数是间接特征参量。使用间接特征参量进行故障诊断的优点是可以在设备运行中且无需拆卸的条件下进行;其不足之处是间接特征参量与故障之间的关系不是完全对应的。

二、设备故障诊断技术及其实施过程

(一) 设备故障诊断的实施过程

测取设备在运行中或相对静止条件下的状态信息,通过对信号的处理和分析,并结合设备的历史状况,定量识别设备及其零部件的技术状态,预知有关异常、故障,并预测未来技术状态,从而确定必要的对策的技术,即设备故障诊断技术。

图 1-1 所示为故障诊断的三个阶段,即状态监测、分析诊断和治理预防。

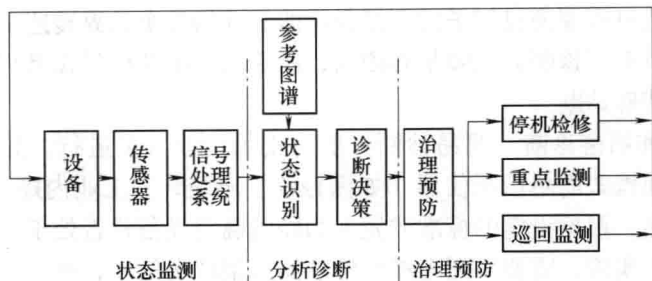


图 1-1 故障诊断的三个阶段

1. 状态监测

状态监测是指通过传感器，采集设备在运行中的各种信息，把它们转变为电信号或其他信号，再把这些信号送到信号处理系统进行处理。信号处理系统的主要作用是把有用信号提取出来，而把无用信号和干扰信号排除。

2. 分析诊断

分析诊断包括状态识别和诊断决策两个部分。状态识别就是把参数或图谱和参考的参量或参考的图谱进行比较，进而识别设备是否存在故障，通过这样的状态识别后，就可以得出诊断结果。

3. 治理预防

治理预防是指根据分析诊断得出的结论，确定治理预防的办法，包括调度、改变操作方式、更换、停机检修等。

(二) 状态监测与故障诊断的区别与联系

状态监测是故障诊断的基础和前提，没有状态监测就谈不上故障诊断，而故障诊断是对监测结果的进一步分析和处理，诊断是目的。

(三) 设备故障诊断技术的分类

1. 按照诊断的目的、要求和条件分类

(1) 功能诊断和运行诊断 功能诊断主要是针对新安装的设备或刚刚维修过的设备；而运行诊断更多是起到状态监测的功能。

(2) 定期诊断和连续监测 定期诊断是指间隔一定的时间后对服役中的设备或系统进行一次常规检查和诊断；连续监测是对设备或系统的运行状态进行连续的监视和检测。

(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，如轴承间隙、齿面磨损。直接诊断迅速可靠，但往往受到机械结构和工作条件的限制而无法实现。间接诊断是通过设备运行中的二次效应参数来间接判断关键零部件的状态变化，由于多数二次效应参数属于综合信息，因此在间接诊断中出现伪警或漏检的可能性会增加。

(4) 在线诊断和离线诊断 在线诊断是指对现场正在运行的设备自动实施实时监测和诊断；而离线诊断是利用磁带记录仪等设备将现场的状态信号记录后，带回实验室后再结合诊断对象的历史档案进行进一步的分析诊断或通过网络进行诊断。

(5) 常规诊断和特殊诊断 常规诊断是在设备正常服役条件下进行的诊断，大多数诊断属于这一类型的诊断。但在个别情况下，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起动和停机过程中的振动信号，停机对于诊断其故障是必须的，所要求的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。

(6) 简易诊断和精密诊断 简易诊断一般由现场作业人员进行。凭着听、摸、看、闻来检查，也可通过便携式简单诊断仪器（如测振仪、声级计、工业内窥镜、红外测温仪等）对设备进行人工监测，根据设定的标准或凭人的经验确定设备是否处于正常状态。精密诊断一般要由专业人员来实施，需要采用先进的传感器采集现场信号，然后采用精密诊断仪器和各种先进分析手段（包括计算机辅助方法、人工智能技术等）进行综合分析，确定故障类型、程度、部位和产生故障的原因，了解故障的发展趋势。

2. 按诊断的物理参数分类

设备故障诊断技术按诊断的物理参数分类的情况见表 1-2。

表 1-2 设备故障诊断技术按诊断的物理参数分类

诊断技术名称	状态检测参数
振动诊断技术	平衡振动、瞬态振动、机械导纳及模态参数
声学诊断技术	噪声、声阻、超声及发射等
温度诊断技术	温度、温差、温度场及热像等
污染诊断技术	气、液、固体的成分变化，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、压力及压力脉动等
强度诊断技术	力、转矩、应力及应变等
电参数诊断技术	电信号、功率及磁特性等
趋向诊断技术	设备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

3. 按照按诊断的直接对象分类

诊断对象不同，诊断方法、诊断技术、诊断设备都有很大区别，按照机械零件、液压系统、旋转机械、往复机械、工程结构、工艺流程、生产系统、电气设备等进行分类，见表 1-3。

表 1-3 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、连接件等
液压系统诊断技术	泵、阀、液压元件及液压系统等
旋转机械诊断技术	转子、轴承、叶轮、风机、泵、离心机、汽轮发电机组及水轮发电机组等
往复机械诊断技术	内燃机、压气机、活塞及曲柄连杆机构等
工程结构诊断技术	金属结构、框架、桥梁、容器、建筑物、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	各种生产系统、生产线
电气设备诊断技术	发电机、电动机、变压器、开关电器



三、设备故障诊断的常用方法

(一) 振动测量法

1. 振动的分类

根据能否用确定的时间关系函数来描述，振动分为随机振动和确定性振动。图 1-2 所示为振动的分类。

确定性振动就是振动和时间的关系能用确定的函数来描述的振动，周期振动又进一步分为简谐周期振动和复杂周期振动。如果振动和时间的关系不能用一个确定的数学函数来描述，就称为随机振动。例如：汽车在一条凹凸不平的道路上行驶，它的振动就是随机的；地震时的振动也是随机的。

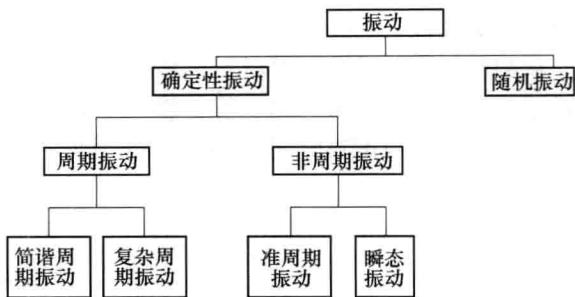


图 1-2 振动的分类

简谐周期振动是指振动只含有一种频率；复杂周期振动中则含有多种频率，其中任意两种振动的频率之比都是有理数，即任意两种振动的周期都有一个最小公倍数。例如，第一种振动以 3π 为周期，另一种振动以 4π 为周期，那么它们的最小公倍数就是 12π ，即每经过 12π ，这两种振动都又回到原来的起点。

非周期振动包括准周期振动和瞬态振动。准周期振动是包含多种频率的振动，其中至少两个的振动频率之比为无理数，即两者无公共周期。瞬态振动是可以由脉冲函数或衰减函数描述的振动，如爆炸产生的冲击振动。

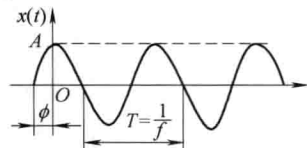


图 1-3 简谐周期振动的历程

2. 振动的基本参数

振幅、频率和相位是振动的基本参数，振动可以通过这三个参数加以描述。简谐周期振动的历程如图 1-3 所示。其函数为

$$x(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right) = A \sin(2\pi ft + \phi) = A \sin(\omega t + \phi)$$

式中 $x(t)$ —— 振动位移函数；

t —— 时间；

A —— 振幅；

T —— 振动周期；

f —— 振动频率；

ω —— 角频率；

ϕ —— 初始相位角。

(1) 振幅 表示振动体（或质点）离开其平均中心的幅度。它是振动强度的标志，可用不同的方法表示，如峰值、有效值、平均值等。

(2) 频率 每秒振动的次数称为频率 f ，其单位为次/s，用 Hz 表示。振动体每振动一

次所需要的时间称为周期 T ，单位为秒 (s)。振动频率与振动周期互为倒数。只要确定出振动所包含的主要频率成分及其幅值的大小，就可以找出振源。可见，频率对查找产生振动的原因具有重要意义。

(3) 相位 表示振动的部分相对于其他振动的部分或其他固定部分处于何种位置关系。相同相位的振动可能引起合拍共振，进而产生严重后果。如果相位相反，则可能引起振动抵消，起到减振作用。因此，相位也是表达振动特征的重要信息，在查找发生异常的位置方面具有重要意义。

振动的运动规律除了可以用位移的时间历程描述外，还可以用速度和加速度的时间历程来描述。振动位移对时间的一阶导数是速度，速度对时间的一阶导数是加速度；加速度对时间积分得速度，速度对时间积分得位移，即

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}; v = \int a dt$$

$$v = \frac{dx}{dt}; x = \int v dt = \iint a dt dt$$

因此，只要测出位移、速度和加速度中的一个参数，就可以通过微分、积分电路得到其他两个参数。而且，由三者之间的微分关系可以得知：速度最大值超前位移最大值 90° ，加速度最大值超前位移最大值 180° 。

3. 常用的测振传感器

振动的测量有机械方法、光学方法和电测方法，其中，电测方法应用最广泛。采用电测方法测量振动，传感器的作用是感受被测振动参数，将其转换为电量。目前主要有三种测振传感器，分别为压电式加速度传感器、磁电式速度传感器和电涡流位移传感器。

(1) 压电式加速度传感器

1) 工作原理。有些晶体能够产生压电效应，即某种晶体在一定方向上受力产生变形时，其内部会产生极化现象，在它的两个表面上产生符号相反的电荷；当外力去除以后，又恢复到不带电状态。压电式加速度传感器是基于压电效应工作的。

压电晶体输出的电荷与振动的加速度成正比。压电式加速度传感器常见的结构形式为中心压缩式，分为正置压缩型、倒置压缩型、环形剪切型、三角形剪切型等，如图 1-4 所示。不管是哪一种传感器，都包括压紧弹簧、质量块、压电晶片和基座等基本部分，其中，压电晶片是加速度传感器的核心。

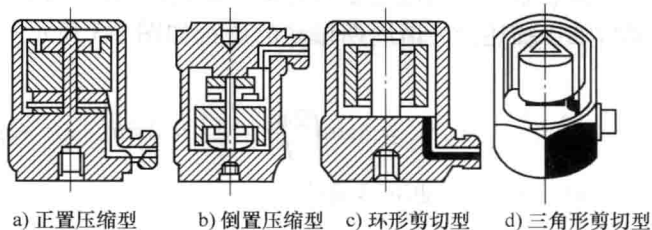


图 1-4 压电式加速度传感器结构示意图

2) 工作特点。压电式加速度传感器属于能量转换型传感器。电荷产生不需要外接电源，灵敏度高且稳定，有比较理想的线性。

压电式加速度传感器因为没有移动元件，所以不会因为磨损而降低寿命。此外，压电式加速度传感器使用的上限频率随其固定方式而变，最佳的固定方式是采用钢螺栓固定，只有这种固定方式能达到出厂标示的上限使用频率。



(2) 磁电式速度传感器

1) 工作原理。利用电磁感应原理,把振动速度转换为线圈中的感应电动势。测振时,将传感器固定或紧压在被测设备的指定位置,磁钢与壳体一起随被测系统的振动而振动,线圈和磁场之间产生相对运动,切割磁力线而产生感应电动势,从而输出与振动速度成正比的电压。它的工作也不需要外加电源,而是直接从被测对象吸取机械能量,并将其转换成电量输出。因此,它也是一种典型的能量转换型传感器。

2) 工作特点。磁电式速度传感器的输出功率大,性能比较稳定,但传感器中存在着机械运动部件,所以寿命比较短。图 1-5 所示为磁电速度传感器的结构示意图。

(3) 电涡流位移传感器

1) 工作原理。它基于金属体在交变磁场中的电涡流效应工作。测量时,将传感器顶端与被测对象表面之间的距离变化转换为与之成正比的电信号。

电涡流位移传感器必须借助电源才能将振动位移转变为电信号,属于能量控制型传感器。

2) 工作特点。涡流位移传感器属于非接触式测量。这种传感器具有线性范围大、灵敏度高、频率范围宽、抗干扰能力强、不受油污等介质影响等特点。电涡流位移传感器被广泛用来测量汽轮机、压缩机、电动机等旋转轴系的振动、轴向位移、转速等。图 1-6 所示为电涡流位移传感器工作原理示意图。

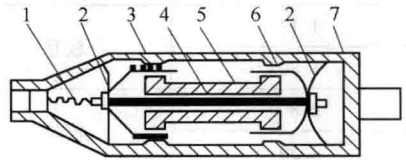


图 1-5 磁电速度传感器结构示意图

1—输出线 2—弹簧片 3—线圈 4—心轴
5—磁钢 6—阻尼环 7—壳体

(4) 三种传感器的主要特点对比

1) 压电式加速度传感器和磁电式速度传感器都是能量转换型传感器,而电涡流位移传感器是能量控制型传感器,需要外接电源,这是这三种振动传感器最大的不同。

2) 磁电式速度传感器中有运动元件,所以寿命受到影响。

3) 电涡流位移传感器是非接触式测量,所以它可以用于测量高温或受污染的对象。

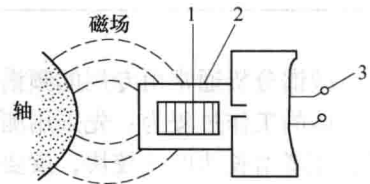


图 1-6 电涡流位移传感器工作原理示意图

1—线圈 2—壳体 3—引线

4. 异常振动分析方法

异常振动分析方法一般有三种:振动总值法,频谱分析法和振动脉冲测量法。

(1) 振动总值法 对照“异常振动判断基准”,判别实际测量值是否超过极限值,即规定的值,从而评价设备工作状态是正常还是出现异常。振动值可用加速度、速度或位移来表示,通常都用振动速度来表示。表 1-4 所列为国际标准化组织 ISO 制定的一个异常振动判断基准。

(2) 频谱分析法 一般可以用振动总值法判别整机或部件的异常振动,但如果要进一步查出异常的原因和位置,就要对振动信号进行频谱分析。

频谱分析就是将时域信号变换为频域信号(在时域信号中,横坐标是时间;而在频域信号中,横坐标是频率或圆频率),得到频谱图,从而获得信号的频率结构(组成信号的各个频率分量及振动能量在各频率分量上的分布)。频率分析仪是一种将时域信号转变为频域信号的仪器,它可以将振动信号的波形分解为各个频率的分量,获得信号的频率结构和组成信号的各个谐波的幅值、相位,从而确定信号特征。