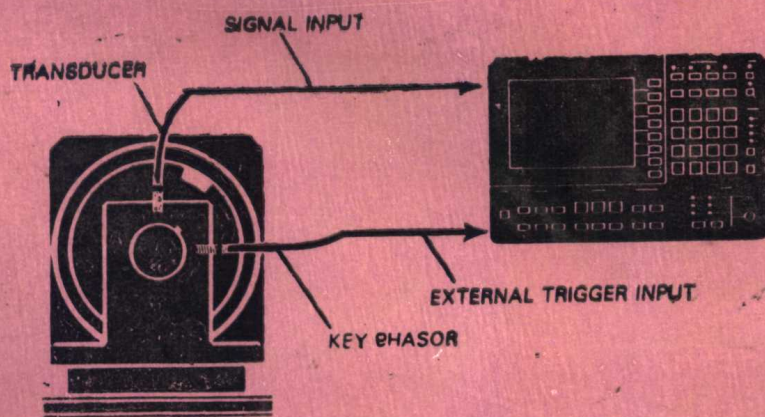


# 设备诊断技术

## — 振动分析及其应用

崔宁博 编译

曾志诚 邱继忠 校



南开大学出版社

# 设备诊断技术

——振动分析及其应用

崔宁博 编译

曾志诚 邱继忠 校

南开大学出版社

1988年

## 内 容 提 要

全书12章，叙述了振动信号分析方法用于设备故障诊断，同时介绍测振用传感器、放大器、振动信号分析仪及数据处理方法、机械故障诊断及工况监测，最后举现场设备诊断的典型实例并概要介绍部分国内外设备诊断仪器。

本书可供冶金、机械、化工、电力等部门从事设备维修、管理专业的工程技术人员参考，也可作为测试、机械、仪器仪表，计算机等专业的技术人员及大中专院校师生的教学参考书。

### 设备诊断技术

——振动分析及其应用

崔宁博 编译 曾志诚 邱继忠 校

\*\*\*\*\*  
南开大学出版社出版

(天津八里台南开大学校内)

新华书店天津发行所发行

鞍山市第三印刷厂印刷  
\*\*\*\*\*

1988年12月第1版      1988年12月第1次印刷

开本：787×1092    1/16    印张：23

字数：545千字      印数1~4,950

ISBN 7-310-00215-6/TH·6    定价：10元

# 序

设备诊断技术、或者叫设备故障诊断技术，是一门多学科的技术，曾于七十年代初先后在美国、联邦德国、瑞士、日本、英国等国家应用并不断发展。它为设备实行预防性维修创造了条件。

应邀请，1987年，美国惠普公司专家曾两次来鞍山钢铁公司进行学术交流，并将惠普公司有关技术资料留于鞍钢，由崔宁博等工程师编译成《设备诊断技术——振动分析及其应用》一书。该书从理论上比较系统地论述了机械振动测量基础，振动信号描述及动态信号分析方法，振动分析及数据处理方法；从应用上详尽地介绍了动态信号分析及其应用，振动分析在旋转机械故障诊断中的应用等。这些都为我国从事设备诊断技术的工程技术人员提供了可贵的专业知识。

大家知道，近代设备维修史上创立的设备综合工程学的一个基本观点，就是设备的一生所追求的是最小的维修费用，由此衍生并发展了设备预防性维修，而实行预防性维修的必不可少的手段，就是对设备施行故障诊断。我国从八十年代初已经在各行业推行了设备故障诊断技术。在状态检测中，无论是电参数的测量，还是非电参数的测量都已经取得了突破性的进展，其中尤以测振为许多工程技术人员所关切。

企业中的设备振动是多发现象。尽管设计人员已经对消除设备振动作了充分的改革，制造和安装的工程技术人员对克服振动在制造和安装精度上下了功夫，但设备在运行过程中不可避免地仍不断丧失精度，发生设备状态振动。通过对设备振动的测量及进行振动分析和数据处理，可以诊断其可否继续运行，是否进行处理（检修或改造）。由于当今应用传感器、放大器、振动分析仪、电子计算机等先进的测量手段，人们可以较为准确地获得数据。

本书的论述和提供的资料，完全可以作为企业进行设备诊断的极佳参考资料。它使我们能够掌握机械振动的原理，掌握动态信号分析方法，通晓动态信号分析仪及其应用，通晓振动分析及数据处理方法。作为从事设备管理的工作者，我愿推荐本书。我深信大家一定会从本书中得到教益，竭诚和同行们一起为发展设备诊断技术这一门新兴学科而进行深入的研究。

郁素人

1988年12月

# 编 译 者 序

1987年,美国惠普公司(HP)杜树明博士和中国惠普公司(CHP)曾志成先生等客人曾两次来鞍山钢铁公司进行学术交流。本书就是由来鞍讲学的专家手中获得的HP公司1986年应用文集243—1《振动信号分析基础》(The Fundamentals of Vibration Signal Analysis)和243—1《振动分析用于设备维修》(Machinery Maintenance Using Vibration Analysis)两本技术资料编译而成。

在翻译过程中,我们将两本技术资料的第一章绪论合为一章,将应用文集243—1第三章编为现行目录的第六章第4节,合并后的章节及两本技术资料的其它章节均按现行目录排列,但译文内容则保留原版特色。根据我国冶金、化工、机械等企业的特点,增编了现行目录排列的第二章“振动及振动测量基础”,第十章“机械故障诊断及工况监测”,第十一章“介绍几种机械故障诊断仪器”和第十二章“机械故障的诊断应用举例”。增编的内容均参考并引用了部分教材和有关厂家提供的技术资料 and 说明书,如第十章是以高克勤译的“设备现场诊断的开展方法”一书的第五章为基础增加了部分内容;第十二章编辑并引用了1987年12月在鞍钢召开的东北地区机械故障诊断技术研究会首届年会发表的几篇论文。凡本书引用、编辑的教材及年会材料编者都在参考文献中注明。译文中部分单位沿用英制,应折换为SI单位,请阅读时注意。

本书由崔宁博担任主编,其中第四章由曾志诚译,第六章由赵文刚译,第七章由李连成译,第一、三、五、八、九章及附录A、E由崔宁博译,第二、十、十一、十二章及附录B、C、D由崔宁博编写。本书除第一、三、七、九章由邱继忠校外,其余各章译文均由中国惠普公司(CHP)工程师曾志诚先生校对。

全书承蒙东北地区机械故障诊断技术研究会副理事长、鞍山钢铁公司副总工程师,高级工程师郁素人审阅,提出了许多宝贵意见,并在百忙中为本书写序;鞍山冶金管理干部学院计算机专业讲师孙本良校对全书,并提出了部分修改意见。深表谢意。

国内有关仪器仪表生产厂的领导和工程技术人员及部分院校的同行为本书提供资料,给以支助,在此一并表示感谢。

本书与读者见面,力求做到准确地用中文表达原书的意思。但由于我们水平所限,肯定有错误和不妥之处,祈请读者给予批评指正,不胜感激。

编译者

1988年10月于鞍钢



# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
1.1 设备维修体制中的动态信号分析方法.....	( 8 )
1.2 本书内容简介.....	( 5 )
<b>第二章 机械振动及振动测量基础</b> .....	( 7 )
2.1 机械振动的基本知识.....	( 7 )
2.2 振动信号及其描述.....	( 22 )
2.2.1 频谱.....	( 22 )
2.2.2 频域和时域.....	( 24 )
2.2.3 信号分类及其频谱特点.....	( 25 )
2.3 振动信号分析基础.....	( 30 )
2.3.1 均方值.....	( 30 )
2.3.2 自相关函数.....	( 31 )
2.3.3 互相关函数.....	( 33 )
2.3.4 自功率密度函数.....	( 36 )
2.3.5 互功率谱密度函数.....	( 37 )
2.3.6 截断、泄漏与窗函数.....	( 38 )
2.3.7 采样与采样定理.....	( 40 )
2.3.8 信号的预处理.....	( 43 )
2.4 振动测量方法.....	( 45 )
2.4.1 加速度传感器.....	( 46 )
2.4.2 速度传感器.....	( 53 )
2.4.3 位移传感器.....	( 55 )
2.4.4 振动传感器的校准和选用.....	( 57 )
2.5 测振用放大器.....	( 58 )
2.5.1 微积分放大器.....	( 59 )
2.5.2 电压放大器.....	( 66 )
2.5.3 电荷放大器.....	( 68 )
<b>第三章 时域、频域和频域测量仪器</b> .....	( 73 )
3.1 时域.....	( 73 )
3.2 频域.....	( 75 )

3.3	频域测量仪器	( 83 )
<b>第四章</b>	<b>动态信号分析</b>	<b>( 88 )</b>
4.1	快速傅里叶变换的性质	( 88 )
4.1.1	有多少谱线	( 90 )
4.1.2	谱线间距有多大	( 91 )
4.2	取样和数字化	( 92 )
4.3	假象 (假信号)	( 93 )
4.3.1	一个带有假象的数据记录简例	( 93 )
4.3.2	遗漏温度的情况	( 93 )
4.3.3	频域中的假象	( 94 )
4.3.4	对抗假象滤波器的要求	( 95 )
4.3.5	对不止一个的抗假象滤波器的要求	( 95 )
4.3.6	数字滤波	( 96 )
4.4	通带选择分析	( 97 )
4.5	开取窗口	( 98 )
4.5.1	对开取窗口的要求	( 98 )
4.5.2	什么是开取窗口	( 100 )
4.5.3	海宁窗	( 101 )
4.5.4	均匀窗	( 102 )
4.5.5	平顶窗	( 104 )
4.5.6	其它窗口功能	( 104 )
4.5.7	力和响应窗口	( 104 )
4.5.8	是通带形状还是窗口函数	( 105 )
4.6	网络的激励	( 105 )
4.6.1	噪声作为激励信号	( 106 )
4.6.2	线性网络分析	( 106 )
4.6.3	非线性网络分析	( 107 )
4.6.4	有限通带的噪声	( 108 )
4.7	平均	( 109 )
4.7.1	RMS平均	( 109 )
4.7.2	线性平均	( 109 )
4.8	实时带宽	( 111 )
4.8.1	实时带宽的要求	( 112 )
4.8.2	RMS平均	( 112 )
4.9	重叠处理	( 113 )
4.9.1	调节器件	( 113 )
4.9.2	RMS平均	( 114 )
4.10	摘要	( 115 )

<b>第五章 机械振动转换成电信号</b> .....	( 116 )
5.1 振动基础.....	( 116 )
5.1.1 振动参数.....	( 117 )
5.1.2 机械阻抗.....	( 119 )
5.1.3 固有频率.....	( 120 )
5.2 传感器.....	( 121 )
5.2.1 位移传感器.....	( 121 )
5.2.2 速度传感器.....	( 122 )
5.2.3 加速度计.....	( 124 )
5.3 传感器的选择方法.....	( 126 )
5.4 安装方法.....	( 127 )
<b>第六章 动态信号分析仪的使用</b> .....	( 129 )
6.1 频域测量.....	( 129 )
6.1.1 振荡器的特性.....	( 129 )
6.1.2 输电线频带.....	( 130 )
6.1.3 相位干扰.....	( 130 )
6.1.4 转动机械表示特性.....	( 131 )
6.1.5 电子滤波器表示特性.....	( 133 )
6.1.6 结构频率响应.....	( 134 )
6.1.7 相关性.....	( 136 )
6.2 时域测量.....	( 136 )
6.2.1 相关性.....	( 137 )
6.2.2 互相关.....	( 139 )
6.3 模态域测量.....	( 140 )
6.4 频率域内部件的减振.....	( 144 )
6.4.1 时域.....	( 144 )
6.4.2 频域.....	( 145 )
6.4.3 故障的早期预测.....	( 148 )
6.4.4 频谱图.....	( 149 )
6.4.5 相位频谱.....	( 150 )
6.4.6 均衡补偿.....	( 151 )
6.4.7 刚性和弹性转子.....	( 152 )
6.4.8 频率分析.....	( 152 )
6.5 小结.....	( 154 )
<b>第七章 常见机械故障的振动特征</b> .....	( 155 )
7.1 不平衡.....	( 155 )



7.2	滚动轴承	(157)
7.3	液膜轴承的油旋	(164)
7.4	轴线不重合	(165)
7.5	机械松动	(167)
7.6	齿轮	(167)
7.7	刀片和叶片	(169)
7.8	共振	(170)
7.9	电动机	(171)
7.10	小结	(172)
<b>第八章</b>	<b>动态信号分析仪的应用</b>	<b>(174)</b>
8.1	测量转速方法	(174)
8.2	频率分解	(175)
8.2.1	窗函数功能	(177)
8.3	动态频率范围	(178)
8.4	数字平均值	(179)
8.4.1	RMS平均	(180)
8.4.2	时间平均	(181)
8.4.3	峰值同步	(181)
8.5	惠普公司接口母线	(182)
8.5.1	数字绘图仪	(182)
8.5.2	计算机数据存贮和分析	(182)
8.5.3	测量仪的系统	(182)
8.5.4	工程单位及其换算	(184)
8.6	工程单位及其换算	(184)
8.7	外采样控制	(185)
8.8	双通道动态信号分析仪的功能	(186)
8.8.1	实时比较	(186)
8.8.2	相干性函数及其关系	(187)
8.8.3	固有频率测量	(187)
8.8.4	轨迹	(188)
<b>第九章</b>	<b>振动分析与数据处理方法</b>	<b>(189)</b>
9.1	振动信号判断的基本方法	(189)
9.1.1	原始数据记录方法	(190)
9.1.2	机械知识	(190)
9.1.3	严格的判断标准	(190)
9.1.4	动态信号分析仪	(192)
9.1.5	操作人员	(192)
9.2	用相位进行分析	(192)

9.3	机械故障特征频率的合成与差频	(195)
9.3.1	滚动轴承	(195)
9.3.2	齿轮	(196)
9.4	速度的标准	(196)
9.5	原始数据采集	(198)
9.5.1	速率的标准	(198)
9.5.2	计算机	(198)
9.5.3	检查统计数据精度	(198)
9.5.4	负荷参数的记录	(199)
9.5.5	基线频谱的修改	(199)
<b>第十章 机械故障诊断及工况监测</b> (200)		
10.1	机械故障诊断的内容	(200)
10.1.1	机械故障及其诊断的类型	(201)
10.1.2	机械故障发生的原因	(202)
10.2	几种振动分析方法	(212)
10.2.1	均方根值诊断法	(212)
10.2.2	振幅时间历程诊断法	(213)
10.2.3	响应频谱诊断法	(214)
10.3	简易诊断与精密诊断	(215)
10.3.1	设备劣化趋向记录卡的制作	(216)
10.3.2	简易诊断	(218)
10.3.3	精密诊断	(220)
10.3.4	判断标准的确定	(223)
10.4	旋转机械的诊断技术	(227)
10.4.1	旋转机械的异常现象	(227)
10.4.2	诊断设备的选择	(228)
10.4.3	典型的低频振动	(230)
10.4.4	典型的中频振动	(233)
10.4.5	典型的高频振动	(236)
10.5	齿轮的故障诊断	(236)
10.5.1	齿轮的故障	(237)
10.5.2	齿轮箱的失效形式和原因	(237)
10.5.3	齿轮箱故障诊断	(239)
10.5.4	时域诊断	(246)
10.5.5	齿轮传动链的缺陷诊断	(248)
10.6	滚动轴承故障诊断	(251)
10.6.1	滚动轴承的故障形式	(251)

10.6.2	滚动轴承的故障诊断	( 256 )
10.6.3	滚动轴承工况的振动和声学监测	( 259 )
10.6.4	轴承的其它监测方法	( 260 )
<b>第十一章</b>	<b>介绍几种机械故障诊断仪器</b>	<b>( 261 )</b>
11.1	SD375型动态信号分析仪	( 261 )
11.1.1	输入	( 261 )
11.1.2	显示	( 261 )
11.1.3	前面板控制	( 262 )
11.1.4	程序	( 264 )
11.1.5	测试项目	( 264 )
11.1.6	功率谱密度的测量	( 266 )
11.1.7	运行系统的振动应用	( 267 )
11.2	SD375 与配套外设连接	( 269 )
11.2.1	SD375和配套外设连接示意图	( 269 )
11.2.2	配套外设连接概况	( 269 )
11.2.3	SD402通道选择器	( 269 )
11.2.4	SD426大屏幕外部监视器	( 270 )
11.2.5	SD375 II 和SD426的连接	( 270 )
11.2.6	硬拷贝	( 271 )
11.2.7	利用HP85B存储SD375数据控制	( 272 )
11.2.8	配模拟输出的x—y记录仪	( 272 )
11.3	英国输力强公司1250频响分析仪	( 274 )
11.3.1	概况	( 274 )
11.3.2	1250具体有以下特点	( 274 )
11.3.3	伺服系统的测试	( 275 )
11.3.4	转动机械动态特性测试及报警	( 277 )
11.3.5	频率响应分析仪在结构振动分析中的应用	( 280 )
11.4	ED5994型精密设备故障诊断仪	( 281 )
11.4.1	概述	( 281 )
11.4.2	特点	( 282 )
11.4.3	主要技术指标	( 282 )
11.4.4	工作原理	( 283 )
11.4.5	应用	( 283 )
11.4.6	应用效果	( 286 )
11.5	200型机器故障诊断仪	( 287 )
11.5.1	主要技术指标	( 287 )
11.5.2	时域测量	( 288 )

11.5.3 频谱分析及谱幅值排队	( 288 )
11.5.4 平均及外触发	( 289 )
11.5.5 数据转贮	( 290 )
11.5.6 谱比较及图形扩展	( 290 )
11.5.7 数值键入	( 290 )
11.5.8 自动监测	( 291 )
11.5.9 打印、显示	( 291 )
11.5.10 标准	( 292 )
11.5.11 使用维护	( 292 )

## 第十二章 机械故障的诊断应用举例

12.1 用加速探测头对运转状态进行检测	( 294 )
12.2 对振动波形的传递函数进行数字式记录	( 294 )
12.3 电源投入瞬间的波形、起动、转矩、效率、转数特性曲线的作成	( 296 )
12.4 压力、变形、温升的互相关系的高速测定	( 297 )
12.5 排送气门阀杆工作状态中形变的高速测试	( 294 )
12.6 5L—40/8国产气体压缩机噪声与振动测试	( 298 )
12.7 电动机强烈振动的诊断与消除	( 301 )
12.8 OK—500汽轮机轴承振动的诊断与清除	( 305 )
12.9 尾气透平前轴振动的诊断与消除	( 307 )
12.10 合成气压缩机的振动事故	( 310 )
12.11 现场平衡技术在旋转机械维修中的应用	( 312 )
12.12 微机在设备故障在线监测中的应用	( 314 )
12.13 一种回转机械的单板计算机和在线监测系统	( 317 )
附录A 旋转与往复式机器的机械振动—振动烈度测量仪的要求	( 323 )
附录B 傅里叶变换的主要性质	( 329 )
附录C 离散傅里叶变换	( 333 )
附录D 几种典型的信号频谱	( 339 )
附录E 英汉专业名词对照表	( 343 )
参考文献	( 352 )

# 第一章 绪 论

在传统的设备维修体制中，不拆卸设备就很难确定所需修理部位。所以，采用预防性维修体制是困难的。如果设备出现了很严重的缺陷并已被发现，则设备故障就可能已经发生，当然不采用设备诊断及状态监测技术，预防性维修就很难实现。因为运行中的机器已经超出了正常工作状态，并没有被人观测到，所以机器将要发生故障就往往会被忽略。现代技术提供了一系列外部检测机器状况的方法，其中最有效的方法之一是振动信号分析法。

众所周知，当机器中的轴承发生了故障，其振幅将增加。通过对该振幅的测量，就可以防止故障，在许多重要场合，机械的振动特性对特殊故障是唯一的。通过对振动信号的分析和处理，能够确定故障产生原因。在机械设备维修中，采用振动信号分析法对机械任一部位进行监测是防止机械发生故障的一种有效方法。同时也能在不拆卸机械部件的情况下确定故障程度，甚至可以取代定期维修制。

由于动态信号分析仪的发展，机械振动分析已在实践中应用。图1.1是动态信号分析仪示意图。人们都很清楚，机械振动是由各种内部振动源引起的信号合成。动态信号分析仪能处理和简化这些复杂的合成信号。

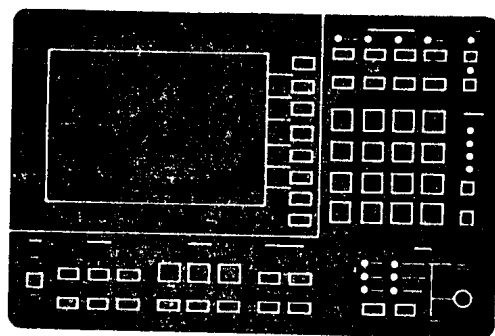


图1.1 动态信号分析仪

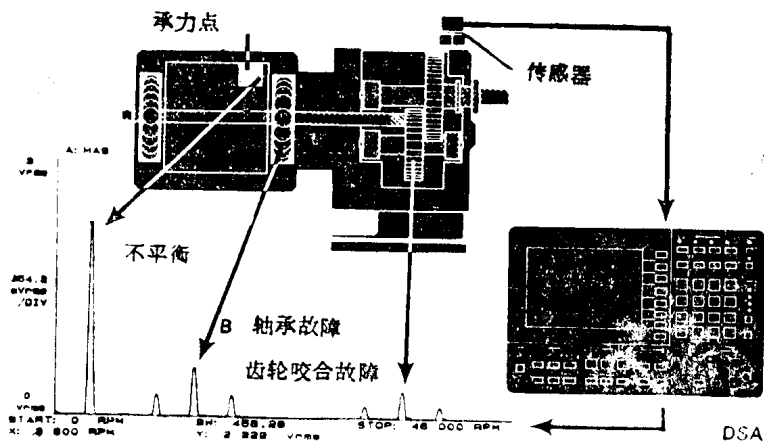


图1.2 分解振动成分

以图1.2 为例，振动通常是由电机运行不稳定，轴承故障，齿轮啮合等因素产生，而上述各种振动能在单一的频率中发生。通过对所测振动的频谱分析（频率函数）显示振动幅度，就可以区分振动源。

动态信号分析仪也能显示时间函数和振动幅值，见图1.3 所示。

该图对研究冲击振动特别有用（如分析轴承故障），图1.4所示的频谱图中的振动

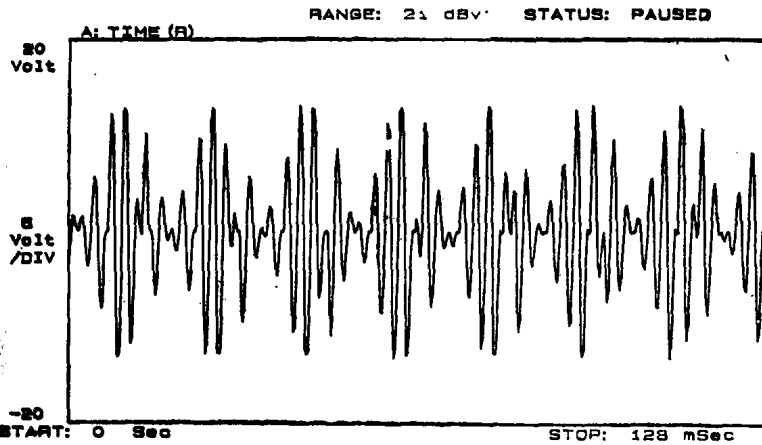


图1.3 用动态信号分析仪显示随时间变化的振动幅值

幅值与频率关系增加了转速、时间、负荷三个量，而常用的是转速。这三个量中的任意一个量的变化都能改变机械的振动特性，动态信号分析仪能与计算机连接进行数据分析与处理。

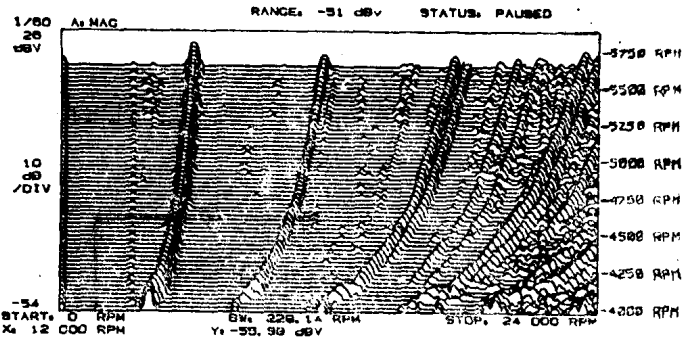


图1.4 随转速、负荷、时间变化的振动图

电信号的分析是许多工程和科学中的基本问题。在机械工程测试中，电量和非电量以及其它振动量的基本参数都是采用传感器的方法转换成电信号，然后再进行处理，常用的传感器包括在机械工程测试中所使用的加速度计和负荷传感器；在生物学和医学工程中使用的EEG探针、血压计；在化学工业中使用的pH传感器、电导探针等等。所有这些都是将物理量参数转换成电信号，这是工程分析中非常重要的转换方式，如许多诊断仪器可以在时域、频域和模态域中对电信号进行分析。动态信号分析仪就是这样的一种



仪器。通过对被测对象的分析就能使人们在研究机械故障中快速地了解系统的完好程度。

在设备诊断技术中，振动分析方法只是其中的一种分析方法，本书介绍用动态信号分析仪分析机械振动特性，信号处理方法及有关应用实例，同时避免利用严格的数学推论，而是采用启发式和讨论的方式从物理的概念入手，介绍它们的测量方法、使用情况。

实践证明：反复讲授对于了解时域、频域和模态域的基本知识，以及使用动态信号分析仪进行诊断分析是一种好的方法。可以逐步启发读者对在各种域的振动测量及测后分析中的了解。此外，本书也通过大量实例引导读者掌握动态信号分析仪的正确操作方法，以解决工程测试中的某些难题。因为正确的操作测试仪器和对测后数据的判断是正确处理复杂测量问题的有效方法。由于新技术的不断发展，单一与电无关的机械几乎没有了。设备维修人员也从单一的机械专业发展到机—电—仪以及计算机等多专业的结合，所以设备诊断技术是多专业的组合体。当然，本书对机械制造厂与从事设备研究的人员也同样有一定的指导意义。

在以下两节中，我们主要讨论振动信号分析方法在设备维修体制中的应用，并介绍本书各章要点。

## 1.1 设备维修体制中的动态信号分析方法

众所周知，设备维修的目的是使设备保持正常运转，这对工厂工作在临界状态中的机器尤为重要。因为，偶发的设备事故不仅使产量下降，也使大修理费用增加。避免偶发事故常采用的对策是定期的拆卸检修临界工作的机器，而这样做正如上述所说的既要停产又要增加费用，还要拆卸检修可能尚未发生故障的机器。所以在工厂的设备维修中，这种方法只能用于少量在临界区工作的机器，通常是维修费低的机器。此外，机器的重新安装以及从检修车间运回安装地点也可能引起机器的损坏，甚至比检修前更糟。

用动态分析方法来确定机器运行状况是预防性维修中很有效的方法，这种“预防性”的设备维修方法，在工厂中适用于所有的重要机械设备。并且已经证明这种方法在采用预防性维修体制的设备维修方式中，是有效的方法。在正常的维修过程中，机械的总振平可用振动表通过适当的调整来测量，测量后的数据与严格规定的极限值或与过去测量的数据进行比较，从而确定是否发生故障。临界工作的机械振平可以连续监测，并与预定的极限范围判断，如果测出了超限振级，则采用动态信号分析仪分析机械的劣化程度和判断故障的原因，见图1.5所示。

分析运行中的机器临界工作状态有以下几个因素：

1. 由于总的振平是随负载、运行速度而改变的，所以人们很难理解机器在运行中所记录的谱图。但通过动态频谱分析，人们可以了解机器是否有问题，这是避免重复检修的一个重要方法。

2. 在检修中为了不影响生产，了解运行中的机器是否有问题这个环节是非常重要的。这种分析能帮助人们作出决定，例如一台机器能否正常运行到下一个预防性维修计划后停下来。在设备维修过程中要充分重视这种有效的分析方法。

3. 由于了解了机械故障产生的原因，检修时间就能减至最短，但在生产过程中工程师们还不能花费一定的时间来寻找故障，所以应先将零件替换下来，以保证生产过程的正常进行。在某种情况中，利用分析方法能适当的监测单一分量的振平来判断故障，同时这种监测方法也能较早地预先报警，特别是在使用滚动轴承的高负荷机器中，快速检测机器运行状况。这是一个尤为重要的方法。

采用以动态分析为基础的预防性维修方法见表1—1，该表介绍了采用预防性维修所取得的经济效益。

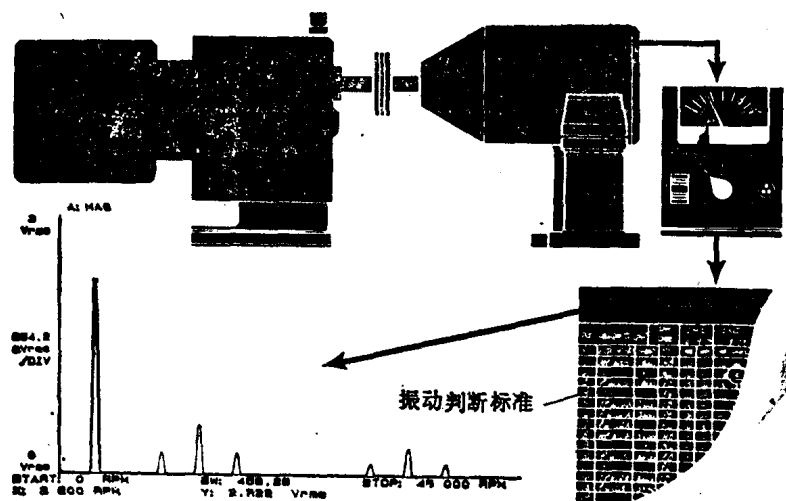


图1.5 典型的维修过程

表1—1 预测维修计划的经济效益

预 防 对 策	效 果
防止严重故障发生	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加产量</li> <li>2. 降低大修理费用</li> <li>3. 增进工厂设备的安全运行</li> </ol>
计 划 维 修	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提高修理质量</li> <li>2. 减少计划外修理时间的费用</li> <li>3. 节省维修件的库存量和订购零部件的时间</li> </ol>
观察及确定机器故障	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 快速修理（在拆卸机器前就能确定故障部位）</li> <li>2. 确定经常性故障的产生原因</li> </ol>

图1.6所示的是机械振动分析中常用的4种分析步骤，用来判断临界工作状态的机器运行情况。本书将逐步介绍这4种分析方法的分析过程及原理。

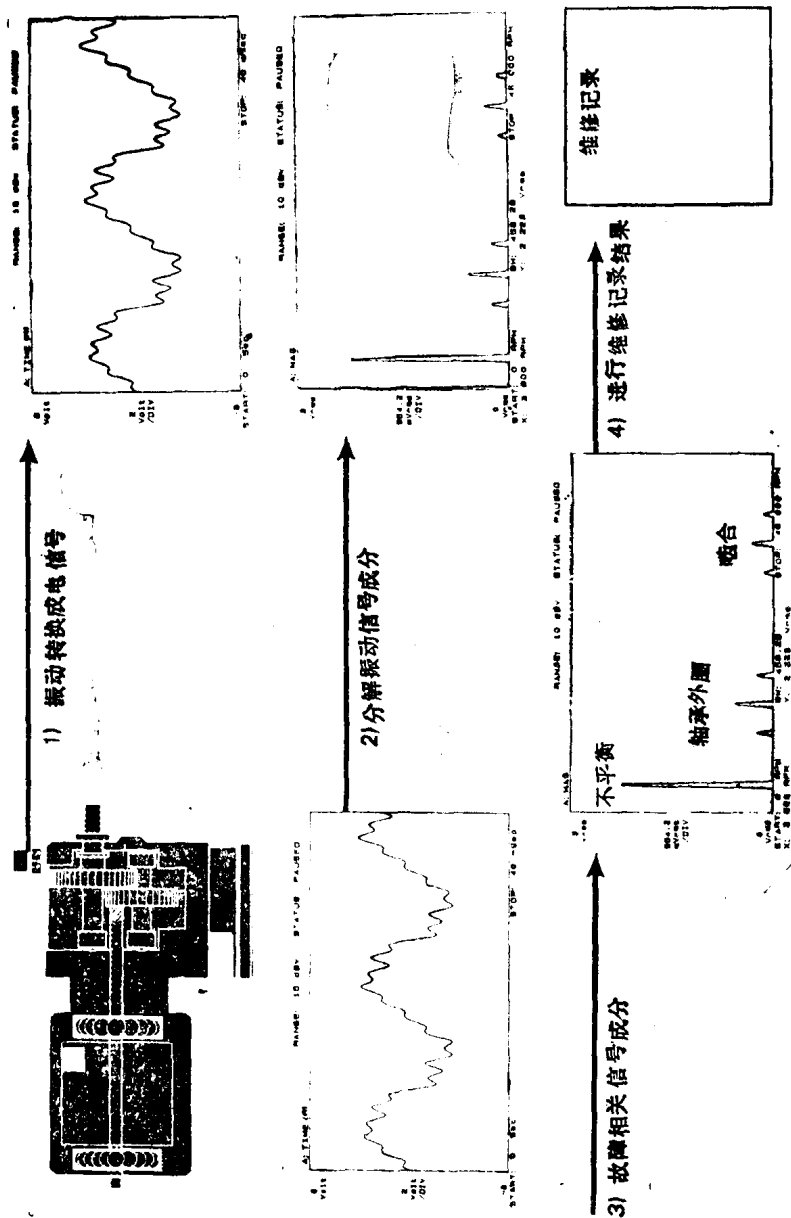


图1.6 机械振动分析4个步骤

## 1.2 本书内容简介

本书共12章。除第1章绪论外，其余各章主要叙述内容如下。

**第二章 振动及振动测量基础**，这一章主要介绍有关振动基本知识以及振动测量用传感器，测振用放大器，并介绍它们的使用方法。

**第三章 时域、频域和频域测量仪器**，这一章主要介绍时域、频域和模态域的基本概念，并说明检查故障的上述方法为什么趋于采用人为的观察能力。然后介绍在时域、频域中采用动态信号分析仪对振动信号进行实时分析。