

复杂机械故障诊断的 分形与小波方法

徐玉秀 原培新 杨文平 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



复杂机械故障诊断的分形与小波方法

徐玉秀 原培新 杨文平 著



机械工业出版社

运用现代非线性理论方法,研究复杂机械系统的故障诊断。提出一些故障机理分析、故障提取特征及复杂系统故障诊断与分类的方法研究。所提出的理论方法已应用到实际工程中,并收到了良好的诊断效果。本文的研究方法是目前国内故障诊断研究的新方向。

图书在版编目(CIP)数据

复杂机械故障诊断的分析与小波方法 / 徐玉秀等著.

北京:机械工业出版社,2003.3

ISBN 7-111-11240-7

I. 复… II. 徐… III. 小波分析—应用—机械—故障诊断 IV. TH17

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第104574号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:李建秀

封面设计:姚毅

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年6月第1版第2次印刷

890mm×1240mm A5·7.375印张·240千字

501—2000册

定价:22.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

设备故障诊断与监测技术是一门正在不断发展和完善的新技术，它具有保障生产正常进行，防止突发事件，节约维修费用等特点，在现代化大生产中发挥着重要的作用。随着信号处理技术的不断完善，设备故障诊断技术取得了很大的进展，新的时频分析方法的不断涌现，增加了对振动信号分析的准确性，奠定了对机械设备实施故障诊断的坚实基础。

非线性科学已逐渐被应用到机械设备的故障诊断技术之中，其中以分形理论、混沌理论在这一领域中的应用研究最为广泛，通过对时间序列的相空间重构，不仅可以利用小波理论对信号进行降噪处理，还可以计算出描述系统运动特征的分形维数，通过分形维数的变化来确定设备的运行状态是一项目前最为活跃的研究课题之一，但这一方法在实际应用中还有许多问题值得进行深入的研究讨论。

分形学是一门新学科、一种新理论。分形对事物的本质揭示具有独特性，主要用于研究非线性特征。它是处理自然界与工程界中不规则图形的强有力工具，目前它的应用已涉及各个领域。本书试图不以数学的严密性来阐述分形的理论，而是从工程的角度研究它的应用价值，并在此基础上给出分形理论在机械故障诊断中的应用及方法。

把分形理论应用于机械故障诊断领域，是近年来国际学术界的新动向。在传统的故障诊断方法中，各种测试技术、信号分析技术已经得到广泛的应用。但对于复杂的机械系统，因其一般都是非线性动力系统，它的故障诊断与状态监测在理论上和实践上往往产生较大偏差。从这种角度出发，使我们对机械系统故障诊断和状态预测进行种种研究，并在此基础上取得了一些成果。

小波分析方法是目前发展最为迅速的一种时频分析方法，将小波分析应用于故障诊断是一项新的课题，我国的相关科技工作者做了大量的研究工作。针对具体设备，解决其故障诊断中存在的问题有着

十分重要的意义。

神经元网络理论在机械设备故障诊断中的应用,国内外已有许多学者进行了研究讨论,在实际应用中一般选用 BP 网络,这一网络在实际应用中存在许多问题,例如,网络易于收敛于局部极小点,初始参数与网络结构选取得不当,网络将出现发散现象,本书将研究人工神经网络的优化算法及简化网络的学习效率,并将其应用于汽轮发电机组的故障诊断;还根据提取的 KTA50 汽车发动机气缸振动的特征参数,提出了利用 Elman 网络对其运行状态进行识别。这一研究是一项全新的尝试,为对离散的且数值变化范围很大的数据进行辨识提供了可靠的方法。

随着科学技术的发展,更多和更复杂的机械设备的出现,将会进一步推动新的研究理论和技术方法的出现。本书对此做了一些探索性的研究。

本书内容主要来源于辽宁省自然科学基金“基于分形理论的汽轮发电机组的故障诊断应用研究”和唐山市博硕科研基金“基于现代非线性理论的复杂机械的在线监测与故障诊断系统的研究”的研究成果,同时也参考了国内外相关学科领域有关分形的研究成果和专著。本书从系统状态的角度、从研究复杂系统的基点出发,探讨复杂机械系统故障诊断的理论、技术方法,并把复杂机械系统的变化状态用简单的数字——分形维数的变化来表征,既给出系统状态的量化指标,又减少系统状态表征的参数,从而使诊断输出的结果更加明显、直观。

全书共 12 章,包括了分形基本理论、小波理论、神经网络理论方法及实际工程应用。第 1 章和第 2 章综述机械设备故障诊断的意义和方法,介绍了国内外故障诊断技术的研究现状;第 3 章介绍了分形、多重分形维数的概念;第 4 章介绍了小波分析理论及其算法;第 5 章介绍了神经网络的理论方法,及应用神经网络优化算法和 Elman 网络分别对汽轮发电机组和汽车发动机进行故障诊断研究。第 6 章根据空间分布不均匀信号和白噪声信号的小波分解的特点,在统计学的基础上提出了基于小波理论的降噪方法,建立了小波降噪模型。通过对仿真信号以及 KTA50 汽车发动机气缸的振动信号实际降噪分析验证了所提出方法的可靠性。同时研究了基于小波包理论的汽轮发电机组

的故障诊断分析研究；第 7 章阐述了分形维数的概念，并利用关联维数作为特征量来评价设备运行状态所存在的问题，对重构 KTA50 汽车发动机气缸振动相空间维数以及汽轮发电机组的关联维数大小进行了研究。第 8 章介绍了基于多重分形的广义分形维数的数值计算方法及计算程序，给出故障敏感维数的定义及分形故障诊断的分类方法，并用标准函数对所给方法进行了验证；第 9 章利用广义分形特征及广义分形维数对旋转机械模型和汽轮发电机组的故障诊断进行了有效探索和分析，给出系统各状态的故障敏感维数及待诊断状态的故障诊断技术方法；第 10 章对实际工程中的复杂结构的状态进行了机械系统的混沌特性及其可预测性研究；第 11 章列出了实际工程中所研究的故障诊断的应用示例；第 12 章介绍了基于虚拟技术的机械振动测试与故障诊断。

本书是我与合作者原培新教授、杨文平博士在对所研究的成果进行筛选、取舍后成稿的。原培新教授参加了第 1 章、第 5 章、第 11 章内容的撰写；杨文平博士参加了第 4 章、第 6 章、第 12 章及第 7 章的部分内容的撰写。我的研究生钟建军在课题的研究中做出了重要的贡献，他同时参加了第 8 章部分内容的撰写。

本书在研究和写作过程中，东北大学的侯祥林博士、侯荣涛博士和刘恩东博士都给予了作者支持和帮助，在此深致谢意。

写作本书是试图为机械故障诊断领域的研究者、工程技术人员以及相关专业的研究生提供一本参考书。本书以应用为目的，阐述分形理论、小波理论在机械故障诊断中应用的各个方面，但由于在该领域研究的时间还很短，许多问题尚需进一步探讨，加之作者水平所限，疏漏和不当甚至错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

徐玉秀

2002 年 10 月 31 日

目 录

前言

第 1 章 机械故障诊断概述	1
1.1 机械故障诊断发展概述	1
1.1.1 设备故障诊断技术的发展过程	3
1.1.2 设备故障诊断技术的现状	4
1.1.3 设备故障诊断技术的发展趋势	6
1.2 基于现代非线性理论的复杂机械故障诊断与预测	7
1.2.1 基于现代非线性理论的复杂机械故障诊断 研究的内容	7
1.2.2 基于现代非线性理论的复杂机械故障诊断 研究的意义	8
第 2 章 复杂机械系统的研究方法	11
2.1 机械设备故障诊断理论方法	11
2.2 机械设备故障诊断的技术与方法	15
第 3 章 分形与分形维数概述	19
3.1 分形原理概述	19
3.1.1 分形	19
3.1.2 分形空间	20
3.2 分维及其测量方法	20
3.2.1 长度测量及其维数的定义	20
3.2.2 几种分形维数概述	22
第 4 章 小波分析理论	30
4.1 振动信号的分析方法	30
4.1.1 信号的频域分析方法	30
4.1.2 信号的时频局部化分析	31
4.2 小波分析理论简述	34

4.2.1	小波分析理论的发展史	34
4.2.2	连续小波变换的定义	36
4.2.3	连续小波变换的数字实现	37
4.2.4	离散小波变换	38
4.3	多尺度分析理论和 Mallat 算法	39
4.3.1	多尺度分析	39
4.3.2	一维 Mallat 算法	42
4.4	小波包理论分析	44
4.4.1	小波包理论	44
4.4.2	小波包滤波	47
第 5 章	基于神经网络的复杂机械设备故障诊断	49
5.1	BP 神经网络算法概述	49
5.2	BP 算法的主要缺陷	53
5.3	BP 算法改进	54
5.4	人工神经网络的优化算法	55
5.4.1	坐标轮换法的一般原理	55
5.4.2	鲍威尔 (Powell) 方法	57
5.5	基于人工神经网络优化算法的故障诊断	59
5.5.1	样本数据的提取方法	59
5.5.2	转子模型的状态数据的提取	59
5.5.3	BP 法计算分析	62
5.5.4	优化算法算例	63
5.6	汽轮发电机组故障诊断的实例分析	64
5.6.1	BP 法算例	66
5.6.2	优化算法算例	67
5.7	简化神经网络诊断实例	68
5.8	Elman 网络结构	70
5.9	基于 Elman 神经网络的 KTA50 汽车发动机 故障诊断	71
第 6 章	基于小波理论的复杂机械故障诊断	77
6.1	基于小波分析的信号分解与重构	77

6.2	基于小波理论的信号噪声分析研究	78
6.2.1	小波去噪模型的建立	78
6.2.2	小波去噪模型的应用	81
6.3	小波包理论在 KTA50 汽车发动机故障诊断中的应用	86
6.3.1	KTA50 柴油汽车发动机的常见故障及 诊断参数	86
6.3.2	基于小波包理论 KTA50 汽车发动机 故障诊断	87
6.4	小波包理论在发电机组故障诊断中的应用	98
第 7 章	基于关联维数的机械故障诊断	104
7.1	分形测度与关联维数	104
7.1.1	分形测度	104
7.1.2	关联维数的计算及其在实际应用中 存在的问题	105
7.2	关联维数在汽车发动机故障诊断中的应用	109
7.2.1	关联维数在 KTA50 汽车发动机故障 诊断中的应用	109
7.2.2	关联维数在斯太尔汽车发动机故障 诊断中的应用	112
7.3	关联维数在发电机组故障诊断中的应用	115
第 8 章	基于多重分形的分形维数计算	118
8.1	多重分形信息特征	118
8.1.1	多重分形的理论方法	118
8.1.2	广义维数算法概述	119
8.1.3	广义维数 D_q 的计算方法	121
8.2	广义分形维数算例分析	123
8.2.1	正弦波的广义维数及与采样长度的关系	123
8.2.2	带噪声正弦波信号的广义维数计算分析	126
第 9 章	基于广义分形特征的故障诊断	130
9.1	振动信号的多重分形维数分析	130

9.2	振动信号的敏感维数提取	131
9.3	振动信号的分形诊断分类原理	131
9.3.1	广义维数相关性判断法	132
9.3.2	广义维数序列单值优化逼近判断法	132
9.3.3	振动信号的分形诊断分类计算程序	133
9.4	振动信号的广义分形维数诊断方法	134
9.5	基于多重分形特征的转子模型故障诊断	135
9.5.1	转子模型试验	136
9.5.2	分形维数的计算比较与分析	137
9.5.3	确定各分形维数及敏感维数	140
9.5.4	各样本的功率谱及维数分析	142
9.5.5	待检信号单一故障的分形维数诊断分析	144
9.5.6	待检信号复杂故障的分形维数诊断分析	146
9.5.7	待检信号耦合故障的分形维数诊断分析	148
9.6	基于广义分形特征的汽轮发电机组故障诊断	149
9.6.1	汽轮发电机组故障诊断方法概述	149
9.6.2	振动故障智能诊断方法的改进	151
9.6.3	汽轮发电机组故障诊断的分形方法	152
第 10 章	机械系统的混沌特性及其可预测性研究	166
10.1	混沌理论概述	166
10.2	复杂机械系统中的混沌	167
10.2.1	复杂机械系统中的非线性问题	167
10.2.2	复杂机械系统中的混沌	168
10.2.3	混沌的特征描述	169
10.3	混沌理论在复杂机械系统故障诊断中的应用	171
10.3.1	基于时间序列的李雅普指数及其计算公式	171
10.3.2	基于李雅普指数的斯太尔汽车发动机气缸 状态诊断	172
10.3.3	基于相轨迹重构的发电机组故障诊断	175
10.4	复杂机械系统状态预测	176
10.4.1	基于混沌的复杂机械系统状态预测	176

10.4.2	基于混沌的复杂机械系统状态预测思想	178
10.4.3	复杂机械系统状态的最大可预测时间	179
10.5	复杂机械系统状态的最大可预测时间计算示例	181
第 11 章	工程中故障诊断应用示例	184
11.1	650 轧钢机机械性能参数在线监控的研究	184
11.1.1	轧钢机力能参数间接测量的数学模型的 理论推证	184
11.1.2	对轧机咬入钢锭瞬时轧制力矩数学 模型的修正	187
11.2	基于专家系统与神经网络集成的故障诊断的 应用研究	188
11.2.1	集成式专家系统	188
11.2.2	直流电动机换向故障诊断	188
11.2.3	系统实现	189
11.2.4	诊断实例	190
11.3	极大熵谱法及其在滚动轴承故障诊断中的应用	193
11.3.1	极大熵谱法	194
11.3.2	用 AR 模型进行谱分析	195
11.3.3	极大熵谱法诊断实例	195
11.4	基于广义维数的圆盘故障特征提取及诊断研究	199
11.4.1	多重分形及广义维数	200
11.4.2	故障分形诊断原理	202
第 12 章	基于虚拟技术的机械振动测试与故障诊断	206
12.1	虚拟仪器技术	206
12.1.1	虚拟仪器基本概念	206
12.1.2	基于虚拟仪器技术的数据采集	208
12.1.3	基于虚拟仪器技术的数据通信	208
12.1.4	LabVIEW 的信号分析	209
12.1.5	实用 LabVIEW 工具软件包	210
12.1.6	实用 LabVIEW 分析工具软件	211
12.2	基于虚拟技术的发电机组振动与测试分析系统	212

12.2.1	总体构思	212
12.2.2	基于虚拟技术的发电机组故障诊断与 在线监测系统	213
12.2.3	基于虚拟技术的发电机组故障诊断与 在线监测系统特点	213
	参考文献	218

第 1 章 机械故障诊断概述

1.1 机械故障诊断发展概述

随着现代工业及科学技术的迅速发展,生产设备日趋大型化、高速化、自动化和智能化,传统的故障诊断技术正面临着挑战。现代化工业生产,一旦因故障停机,损失巨大。近年来,因关键设备故障而引起的灾难性故障时有发生,例如:1984 年 12 月位于印度博帕尔市的美国碳化物公司农药厂,发生毒气泄漏事件,造成 2 000 多人死亡,20 多万人受害,成为世界工业史上最大的恶性事故;1986 年 1 月 28 日美国航天飞机“挑战者”号的空中爆炸事件,导致 7 名宇航员全部遇难,损失总计达 12 亿美元;1984 年 4 月 27 日,前苏联切尔诺贝利核电站的大量放射性元素外泄事件,使 2 000 人死亡,几万居民撤离,损失达 30 亿美元,并且污染波及周边各国;1999 年发生在全世界的多起交通和核泄漏事故,造成大量人员死亡,经济损失不计其数。我国机械设备也发生过类似的事故,如 1985 年大同电厂和 1988 年秦岭电厂的 200 MW 汽轮发电机组的严重断轴毁机事件。

故障诊断学是以可靠性理论、信息论、控制论和系统论为理论基础,以现代测试仪器和计算机为技术手段,结合各种诊断对象(系统、设备、机器、装置、工程结构、工艺过程等)的特殊规律而逐步形成的一门新兴学科。它大体上由三部分组成:第一部分为故障诊断物理、化学过程的研究,例如以电气、机械部件失效的腐蚀、蠕变、疲劳、氧化、断裂和磨损等理化原因的研究;第二部分为故障诊断信息学的研究,它主要研究故障信号的采集、选择、处理与分析过程:例如通过传感器采集设备运行中的信号(如振动、转速),再经过时域与频域上的分析处理来识别和评价设备所处的状态或故障;第三部分为诊断逻辑与数学原理方面的研究,主要是通过逻辑方法、模型方法、推论方法及人工智能方法,根据已观测的设备故障表征来确定下

一步的检测部位，最终分析判断故障发生的部位和产生故障的原因。

利用振动信号对设备进行诊断，是设备故障诊断中最有效、最常用的方法之一。机械设备和结构系统在运行过程中的振动及其特征信息是反映系统整体及其变化规律的主要信号。通过各种动态测试仪器拾取、记录和分析动态信号，是进行系统状态监测和故障诊断的主要途径。传统的基于快速傅里叶变换（FFT）的频谱分析方法是振动信号处理中最重要的途径，尤其是近代各种谱分析软件和谱分析仪的推出，使频谱分析方法得到了更为广泛的应用。但是，傅里叶分析方法存在着严重的不足，它只适于分析平稳信号，而不适于分析非平稳信号，这一缺陷限制了它在设备故障诊断领域中的应用。

对突变信号和非平稳信号的分析已成为工程技术中的一种需求。因此，寻求一种新的变换方法，使它既能够保持傅里叶分析的优点，又能够弥补傅里叶分析的不足，已经成为应用数学家和工程技术人员共同努力的前沿课题。

时频分析技术在机械故障诊断领域内的应用是在 20 世纪 90 年代兴起的，尽管这一方法对非平稳机械信号分析具有一定的潜在优势，但还远没有成为机械故障诊断的主流，一些科研人员正在逐渐扩大其应用领域。

小波分析作为一种新兴的理论，是数学发展史上的重要成果，它无论是对数学还是对工程应用都产生了深远影响，已广泛应用于理论数学、应用数学、信号处理、语音识别和处理、自动控制、图像处理、天体物理和分形等领域。小波分析比傅里叶分析优越之处体现在对复杂、非平稳信号的处理上，从原则上讲，即其具有局部化特性，可以聚焦到分析对象的任意细节，是对传统傅里叶分析的挑战。

复杂的机械系统（如汽车发动机）是一个多层次系统，各层次子系统之间不仅在结构和功能上存在差异，而且子系统之间存在着非常复杂的耦合关系。在影响这些关系的一些因素中，有些因素的变化具有不确定性，导致系统输出的复杂性变化。另外，从机械系统的时间演化角度来看，也可视为是一个复杂的非线性动力系统。对于一个非线性复杂机械系统的状态（或故障）进行长期预测，存在着“初始条件敏感性”问题”，即相同的一种复杂机械系统（如汽车发动机），其

初始工作条件（状态）存在微小差异，工作一定时期后，其工作状态和性能可能发生较大的差异。

分形与混沌理论是现代非线性科学的重要而且也是目前研究非常活跃的理论，它特别适合于研究各种“复杂现象”。当前对于分形与混沌虽然还不能给出一个圆满的定义，但它所蕴含的意义已被逐步认识，而且不断地扩大。分维数、李雅普诺夫指数、信息熵是描述复杂系统混沌现象的重要特征参数。显然复杂机械系统的状态变化，通过特征参数可以给出其量化的描述，从而对机械系统给出状态评价，实现其故障诊断。

1.1.1 设备故障诊断技术的发展过程

设备诊断技术一直与设备维修紧密联系，因此，与维修的发展阶段相对应，机械设备故障诊断技术的发展可分为以下几个阶段。

（1）事后维修阶段。在 19 世纪工业化初期，当时机器设备本身技术水平和复杂程度都很低，当设备在运行当中突然发生了故障，才被迫停机修理。在这种情况下，机械设备的某些运行参数使用余量已经用尽，因此导致了故障的发生。这一阶段的维修被称为事后维修（Breakdown-Maintenance）。故障诊断的目的就是迅速找到故障发生的部位，为机器的迅速修复提供依据。故障诊断的手段是通过对设备的解体分析并借助以往的经验以及一些简单的仪器。

（2）预防维修阶段。进入 20 世纪后，随着大生产的发展，机器设备本身的技术复杂程度也有所提高，设备故障或事故产生的影响显著增加，从而出现了定期预防维修方式（Preventive Maintenance）。这一维修阶段的维修策略是以机械设备的可靠性为出发点，制定出最佳的维修周期。维修的主要种类有视情况检查、预防维修及预防性更换。预防维修立足于将故障隐患消除在发生之前。也就不可避免地形成了一定程度的过剩维修。这时故障诊断的目的在于为合理的维修周期的制定提供依据，并在定期维修前检查突发性故障。这一阶段的诊断手段主要是一些简单的状态监测仪，多设有一定运行参数的报警值，能够对突发故障进行预测。

（3）状态监测阶段。从 20 世纪 60 年代起，设备诊断技术随着计算机技术、信号处理技术等的发展，出现了更科学的按设备状态维

修的方式。这一阶段以状态监测为中心, 维修策略是定期地对设备的状态进行监测, 依据监测的结果决定是否对设备进行维修。从而避免了预防维修中的过剩维修, 大大降低了维修成本, 这种维修也被称为预测性维修 (Predictive Maintenance)。诊断的手段是以信号采集与处理为中心, 多层次、多角度地利用各种信息对设备运行状态进行评估。

(4) 智能管理阶段。进入 20 世纪 80 年代以后, 人工智能技术和专家系统、神经网络技术的发展和在工程设计中的应用, 使设备维修达到了智能化的程度。虽然这一阶段发展的历史并不长, 但已有的研究成果表明, 设备智能诊断具有十分广泛的应用前景。

近 30 年来, 设备故障诊断技术不断吸取现代科学技术发展的新成果, 从理论到实际应用都有了迅速的发展, 已成为集数学、物理、力学、化学、电子技术、计算机技术、信号处理和人工智能等各种现代科学技术于一体的新兴交叉学科。其研究的内容主要反映在以下几个方面:

- (1) 故障机理的研究。
- (2) 故障信号处理技术的研究。
- (3) 人工智能专家系统与神经网络的研究。
- (4) 故障诊断装置的开发与研究。

1.1.2 设备故障诊断技术的现状

设备故障诊断技术是 20 世纪 60 年代初, 由于军工、航天的需要发展起来的一门新技术, 最早开展这方面研究的是美国。1965 年快速傅里叶算法的出现为故障诊断技术奠定了技术基础。20 世纪 70 年代末期, 电子测量技术和频谱分析技术被应用到机械故障诊断领域中, 国外大型旋转机械的状态监测与故障诊断技术开始进入实用化阶段。到了 20 世纪 80 年代中期, 以微型计算机为中心的现代机械故障诊断技术得到了迅速的发展。出现了许多商业化的机械设备故障诊断与监测系统, 如美国的 ENTECK 公司针对电动机、风机、齿轮箱、机床等机械设备的预测维修系统。随着传感器技术的发展, 除了可以利用振动信号进行机械设备的故障诊断外, 还可以利用噪声、温度、力、磁等多种信息作为设备诊断的信息源, 由此发展了油液分析技术、

噪声监测技术、红外测温技术、声发射技术以及无损探伤技术、数学诊断方法等,其中的数学诊断方法又包括基于贝叶斯决策判据以及基于线性与非线性判别函数的模式识别方法、基于概率统计的时序模型诊断法、小波分析法,以及混沌分析与分形几何法等;随着人工智能的发展,还出现了许多智能诊断方法如模糊逻辑、专家系统以及神经网络等。

由于“计算能量函数”和隐层单元的引入,使得人工神经网络技术得到了重新复兴,并取得了突破性的进展,人工神经网络技术在机械设备故障诊断中得到了广泛的应用,如基于感知器网络的化工过程故障诊断、基于联想记忆模型的控制系統故障诊断、基于BP神经网络的切削过程刀具状态辨识和切削颤振的早期诊断等。

我国的故障诊断技术是从20世纪80年代初开始的,许多高校和科研机构都开展了故障诊断技术的研究工作,取得了许多可喜的研究成果。在理论与方法研究方面,如统计自学习分类技术、灰色系统理论及其在故障诊断中的应用、全息谱技术、时间序列诊断技术、智能诊断技术等;在应用研究开发方面,如哈尔滨工业大学研制的“机组振动微机监测和故障诊断系统”,西安交通大学研制的“大型旋转机械计算机状态监测与故障诊断系统”,东北大学研制的“轧钢机工作状态监测系统”,上海汽轮机厂研制的“125 MW 汽轮机组微机监测分类管理系统”等。经过我国科技工作者十几年的奋斗,设备故障诊断技术已取得了一定的经济效益和社会效益,并已形成了学科体系,尤其在理论方面的研究已接近国际的先进水平,但在智能诊断仪器、传感器、信号的采集与分析仪器等方面与国际上发达的国家还有一定的差距。目前国内在设备诊断技术实际应用中存在的问题主要有以下几个方面。

(1) 企业对设备诊断的重视不够,追求短期效益,故障诊断技术未能应用于工程实际。

(2) 资金投入少而分散,缺乏必要的试验仪器和设备,科研与应用脱节。

(3) 各研究单位单兵作战,开发的诊断仪器可靠性差,通用性差,没有统一的标准,互不兼容。