

盛兆顺 尹琦岭 主编

设备状态监测与 故障诊断技术及应用



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

ISBN 7-5025-4430-5



9 787502 544300 >

ISBN 7-5025-4430-5/TH · 114 定价：52.00元

设备状态监测与故障诊断 技术及应用

盛兆顺 尹琦岭 主编

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

设备状态监测与故障诊断技术及应用/盛兆顺,尹琦岭主编. —北京:化学工业出版社,2003.5
ISBN 7-5025-4430-5

I. 设… II. ①盛…②尹… III. ①化工设备-故障监测②化工设备-故障诊断 IV. TQ050.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030865 号

设备状态监测与故障诊断技术及应用

盛兆顺 尹琦岭 主编

责任编辑:周国庆 张兴辉

责任校对:郑捷

封面设计:于兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 25¼ 字数 629 千字

2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4430-5/TH·114

定 价: 52.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

设备状态监测与故障诊断思想的酝酿,可以追溯到很久以前,但真正形成一种技术并应用到生产实际中,还是近几十年的事。随着现代科学技术的进步与发展,设备越来越大型化,功能越来越多,结构越来越复杂,自动化程度越来越高。随之而来的问题是,一旦关键设备发生故障,不仅会造成巨大的经济损失,而且可能危及人身安全,产生重大的社会影响。因此,人们对设备的安全、稳定、长周期、满负荷运行的要求也越来越迫切,希望能及时了解设备运行状态、预防故障、杜绝事故,延长设备运行周期、缩短维修时间,最大限度地发挥设备的生产潜力。这就对设备管理提出了更高的要求,同时也是新形势下设备管理与设备故障诊断领域所面临的新的机遇和挑战。将设备状态监测与故障诊断技术应用于生产实践,使其在现代设备管理过程中发挥越来越大的作用,为国民经济建设服务,是故障诊断领域科研人员与广大现场工程技术人员所肩负的任务与使命。

实际工作中遇到的问题通常需要综合各学科的知识才能够解决,设备状态监测与故障诊断技术也不例外:它需要借助机械振动、转子动力学等理论来深入研究设备的故障机理,运用现代测试技术来监测设备运行的振动、噪声、温度、压力、流量等参量,利用信号分析与数据处理技术对这些信息进行分析处理,建立动态信息与设备故障之间的联系,并以计算机技术为核心,建立设备状态监测与故障诊断系统,进行故障的分析诊断。由此可见,这项技术是一项复杂的系统工程。

本书的编者都是在生产一线从事设备状态监测与故障诊断技术工作多年的工程技术人员和管理人员,具有一定的实践经验,但理论知识相对薄弱。加之近年来设备状态监测与故障诊断技术发展较快,而编者知识面与水平有限。因此,该书虽经反复修改与整理,但内容的深度和广度,特别是理论知识方面,仍深感不能令人满意,其中错误和不妥之处一定不少,请各位专家学者不吝指教,编者深表感谢。

参加本书编写的有盛兆顺、尹琦岭、朱德华、陶常青、兰宦勤等。其中第一、二、三、六章由盛兆顺编写,第七、十、十二章由尹琦岭编写,第四、五、十四章由朱德华编写,第八、十五、十六章由陶常青编写,第九、十一、十三章及附录由兰宦勤编写,全书由主编盛兆顺和尹琦岭统稿。郑州大学及中原油气高新股份有限公司第三、第四气体处理厂的同志们在编写过程中给予了大力支持和帮助,在此深表谢意。

主编

2002年10月

内 容 提 要

本书是编者多年来在生产一线从事设备状态监测与故障诊断技术工作的总结。由浅入深、注重实践,从数据采集、信号分析与处理到常见故障机理、特征与诊断,比较系统地讲述了设备状态监测与故障诊断的理论、方法与应用。作为一种实用的推广技术,本书还介绍了国内外大型旋转机械在线监测与故障诊断系统及其主要性能,并附有大量生产现场故障诊断实例。为方便生产一线人员开展工作,编者还根据自己的实践经验,重点介绍了传感器的选型与安装、如何建立与企业相适应的设备状态监测与故障诊断体系,并附有常用振动诊断标准。

本书可作为机械、石油、化工、冶金、电力等行业的生产、设备管理等部门工程技术人员开展设备状态监测与故障诊断工作的参考用书。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 故障的概念与分类	2
第二节 状态监测与故障诊断技术	3
第三节 状态监测与故障诊断技术的发展与应用	5
第二章 信号的分类与描述	8
第一节 信号的分类与基本描述	8
第二节 周期信号与离散谱	11
第三节 非周期信号与傅里叶变换	11
第四节 随机信号及统计函数	16
第三章 数据采集与数字信号处理	21
第一节 数据采集	21
第二节 泄漏与窗函数	27
第三节 离散傅里叶变换	29
第四节 快速傅里叶变换	33
第四章 工程信号分析基础	38
第一节 信号的幅域分析	38
第二节 信号的时域分析	42
第三节 信号的频域分析	47
第四节 功率谱分析	52
第五节 时间序列分析	57
第六节 瞬态信号分析与处理	61
第七节 特殊分析处理方法	65
第八节 工程信号预处理	73
第五章 设备状态监测常用传感器	78
第一节 概述	78
第二节 压电式加速度传感器	79
第三节 磁电式速度传感器	85
第四节 压电式内置积分电路速度传感器	88
第五节 电涡流位移传感器	89
第六节 复合式振动传感器	94
第七节 温度传感器	96
第八节 压力传感器	100
第九节 电量测量传感器	103
第十节 传感器的选用原则	104
第六章 旋转机械的状态特征参量与测试	107

第一节	旋转机械的状态特征参量	107
第二节	旋转机械的振动检测	110
第三节	旋转机械振动相位检测	113
第四节	旋转机械的转速检测	115
第五节	旋转机械轴向位移测量	116
第六节	轴心轨迹与轴心位置的测量	116
第七节	轴承温度的测量	118
第八节	工艺参数的监测	119
第九节	工程测试实际应用	120
第七章	旋转机械故障机理与诊断技术	127
第一节	概述	127
第二节	旋转机械振动的基本特性	128
第三节	转子不平衡的故障机理与诊断	136
第四节	不对中故障机理与诊断	140
第五节	转子弯曲的故障机理与诊断	146
第六节	油膜轴承的故障机理与诊断	149
第七节	旋转失速与喘振故障的机理与诊断	160
第八节	动静件摩擦的故障机理与诊断	166
第九节	转子热套配合过盈不足的故障机理与诊断	169
第十节	转子支承部件松动的故障机理与诊断	172
第十一节	转轴裂纹的故障机理与诊断	175
第十二节	迷宫密封气流激振的故障机理与诊断	178
第十三节	轴电流故障诊断	181
第十四节	旋转机械振动原因分析表	184
第八章	往复机械的故障诊断	192
第一节	概述	192
第二节	往复机械常见故障与振动响应的关系	193
第三节	气阀故障信号特征与识别	194
第四节	敲缸故障的诊断	196
第五节	拉缸故障的诊断	197
第六节	主轴瓦拉伤故障的诊断	199
第七节	管网振动的机理与对策	200
第九章	齿轮常见故障与诊断	203
第一节	齿轮故障的常见形式与原因	203
第二节	齿轮的振动机理	206
第三节	齿轮的振动测量与简易诊断	211
第四节	齿轮故障诊断常用信号分析处理方法	214
第五节	齿轮常见故障信号特征与精密诊断	217
第十章	滚动轴承的故障机理与诊断技术	224
第一节	概述	224

第二节	滚动轴承故障的主要形式与原因·····	225
第三节	滚动轴承的振动机理与信号特征·····	226
第四节	滚动轴承的振动测量与简易诊断·····	233
第五节	滚动轴承的精密诊断方法·····	239
第六节	滚动轴承其他诊断方法·····	242
第十一章	铁谱技术与监测诊断应用·····	251
第一节	铁谱技术及其特点·····	251
第二节	常用铁谱仪的结构与工作原理·····	253
第三节	铁谱分析工作程序·····	258
第四节	铁谱油样采集·····	259
第五节	铁谱油样处理·····	263
第六节	磨粒的形成机理与识别·····	265
第七节	铁谱的定性分析·····	267
第八节	铁谱的定量分析·····	270
第九节	铁谱技术工业应用·····	272
第十二章	红外技术与监测诊断应用·····	279
第一节	红外基础知识·····	279
第二节	红外测温简介·····	281
第三节	红外仪器简介·····	283
第四节	红外点温仪·····	284
第五节	红外线行扫描仪·····	288
第六节	红外热电视·····	289
第七节	红外热像仪·····	293
第八节	红外检测工作内容与要求·····	296
第九节	红外诊断技术·····	297
第十节	红外诊断技术的应用实例·····	299
第十三章	设备故障诊断专家系统原理·····	303
第一节	概述·····	303
第二节	专家系统的基本结构及功能·····	305
第三节	设备故障的灰色诊断技术及应用·····	308
第四节	设备故障的模糊诊断技术·····	311
第五节	设备故障的神经网络诊断技术·····	316
第十四章	设备状态监测与故障诊断系统·····	324
第一节	国外旋转机械在线监测与故障诊断系统·····	324
第二节	国内旋转机械在线监测与故障诊断系统·····	328
第三节	巡检式在线设备状态监测与信息管理系统·····	336
第四节	便携式设备状态监测与故障诊断仪器·····	344
第十五章	企业开展设备状态监测工作的程序·····	350
第一节	IRD 公司开展设备状态监测工作的十二个步骤·····	350
第二节	建立企业三级状态监测网·····	352

第三节	设备状态监测工作中应注意的问题.....	355
第四节	状态监测工作的经济效益计算与工作考核.....	357
第十六章	设备故障诊断实例.....	359
第一节	手持式点检仪器故障诊断实例.....	359
第二节	便携式仪器故障诊断实例.....	362
第三节	在线状态监测系统故障诊断实例.....	370
附录	设备故障诊断常用标准.....	377
参考文献		393

第一章 绪 论

设备状态监测与故障诊断技术是一种了解和掌握设备在使用过程中的状态,确定其整体或局部正常或异常,早期发现故障及其原因,并能预报故障发展趋势的技术。通俗地讲,它是一种给设备“看病”的技术。这里所说的“设备”是广泛意义上的设备,不仅包括各类运转的机器,还包括管道、阀门、工业炉等静态设备以及电气设备。

设备状态监测与故障诊断思想的酝酿,可以追溯到很久以前,但真正形成一种技术并应用到生产实际中,还是近几十年的事。这项技术最初形成于英国,由于其实用性以及为企业和社会带来的效益,日益受到企业和政府的重视。特别是近 30 年来,随着科学技术的不断进步和发展,尤其是测试技术、计算机技术的迅速发展和普及,它已逐步形成了一门较为完整的学科。该学科以设备管理、状态监测和故障诊断为内容,以建立新的维修体制为目标,在欧美、日本以不同形式得到推广,在国际上成为一大热门学科。

一台设备从设计、制造到安装、运行、维护、检修有许多环节,任何环节的偏差都会造成设备性能劣化或故障。同时,运行过程中设备处于各种各样的条件下,其内部必然会受到力、热、摩擦等多种物理、化学作用,使其性能发生变化,最终导致设备故障。随着现代科学技术的进步与发展,设备越来越大,功能越来越多,结构越来越复杂,自动化程度越来越高。随之而来的问题是,一旦关键设备发生故障,不仅设备受损、生产线停工,造成巨大的经济损失,而且可能危及人身安全、造成环境污染,带来严重的社会问题。

早期的设备维修体制基本上是事后维修,即设备发生故障后再进行检修。随着流程化工业的推广,这种落后的管理模式往往会造成巨大的经济损失,因此又逐步推行定期维修,例如我们通常实行的年度大修。随着对设备故障机理的研究和设备管理水平的提高,人们又逐步认识到,定期检修实际上既不经济又不合理,最大的问题是无法解决“维修不足”和“维修过剩”二者之间的矛盾。

美国国家统计局提供的资料表明,1980 年美国工业设备维修花掉 2460 亿美元巨资,而这一年美国全国的税收总额只不过 7500 亿美元。据美国设备维修专家分析,有将近 1/3 的维修费用(约 750 亿美元)属于“维修过剩”造成的浪费,原因在于:预防性定期检修的间隔周期是根据统计结果确定的,在这个周期内仅有 2% 的设备可能出现故障,而 98% 的设备还有剩余的运行寿命,这种谨慎的定期大修反而增加了停机率。美国航空公司对 235 套设备普查的结果表明,66% 的设备由于人的干预破坏了原来的良好配合,降低了可靠性,造成故障率上升。因此,将预防性定期维修逐步过渡到“状态维修”已经成为提高生产率的一条重要途径,也是现代设备管理的需要。

近年来,振动与噪声理论、测试技术、信号分析与数据处理技术、计算机技术及其他相关基础学科的发展,为设备状态监测与故障诊断技术打下了良好的基础,而工业生产逐步向大型化、高速化、自动化、流程化方向发展,又为设备状态监测与故障诊断技术开辟了广阔的应用前景。可以预见,这项源于生产实际、又与近代科学技术发展密切相关的新兴学科在实际生产中必将发挥越来越大的作用。

第一节 故障的概念与分类

一、故障的概念

设备故障是指“设备功能失常”，也就是设备不能达到预期的工作状态，无法满足应有的性能、功能。

产生故障的原因通常是设备的构造处于不正常状态(劣化状态)。

判断故障的准则是：在给定的工作状态下，设备的功能与约束条件不能满足正常运行或原设计期望的要求。

常见的故障有以下几种。

(1) 使设备或系统立即丧失其功能的破坏性故障。

(2) 由于设计、制造、安装、维护、检修等与设备性能有关的参数不适当造成设备性能降低的故障。

(3) 设备在给定条件下工作时，由于操作不当引起的故障。

二、故障的分类

故障的分类有多种，从不同的角度观察故障，例如从故障的性质、发展速度、起因、严重程度、影响后果等方面，可以有不同的分类方法。

1. 按故障的性质分类

(1) 人为故障——由于操作失误造成的故障。

(2) 自然故障——设备运行时，由于设备自身的原因(发展规律)发生的故障。

2. 按故障产生的原因分类

(1) 先天性故障——由于设计、制造不当而造成的设备固有缺陷而引起的故障。

(2) 使用性故障——由于维修、运行过程中使用不当或自然产生的故障。

3. 按故障发展速度分类

(1) 突发性故障——发生前无明显可察觉征兆，突然发生的故障，不能依靠事前监测等手段来预测。

(2) 渐进性故障——某些零件的技术指标逐渐恶化，发生与发展有一个渐变过程，最终超出允许范围而引起的故障，可以通过事前监测等手段提前预测。

4. 按故障持续时间分类

(1) 间断性故障——故障发生后，在没有外界干涉的情况下可以自行恢复的故障。

(2) 持续性故障——故障发生后，只有在外界采取措施、更换劣化部件后才能恢复、达到原有功能的故障。

5. 按故障的程度分类

(1) 局部故障——设备部分性能指标下降，但未丧失其全部功能的故障。

(2) 完全性故障——设备或部件完全丧失其功能的故障。

6. 按故障造成的后果分类

(1) 轻微故障——设备略微偏离正常的规定指标，影响轻微的故障。

(2) 一般故障——设备个别部件劣化，部分功能丧失，造成运行质量下降，导致能耗增加、环境噪声增大等的故障。

(3) 严重故障——关键设备或关键部件劣化，整体功能丧失，造成停机或局部停产甚至整个生产线完全停产或部分停产的故障。

(4) 恶性故障——设备遭受严重破坏，造成重大经济损失，甚至危及人身安全或造成严重污染的故障。

第二节 状态监测与故障诊断技术

设备状态监测与故障诊断技术的实质是了解和掌握设备在运行过程中的状态，评价、预测设备的可靠性，早期发现故障，并对其原因、部位、危险程度等进行识别，预报故障的发展趋势，并针对具体情况作出决策。

由此可见，设备状态监测与故障诊断技术包括识别设备状态和预测发展趋势两方面的内容。具体过程分为状态监测、分析诊断和治理预防三个基本环节（图 1-1）。

实际生产中，有时把对设备状态的初步识别也包括在“状态监测”中，只将识别异常后的精密诊断作为“分析诊断”的内容。

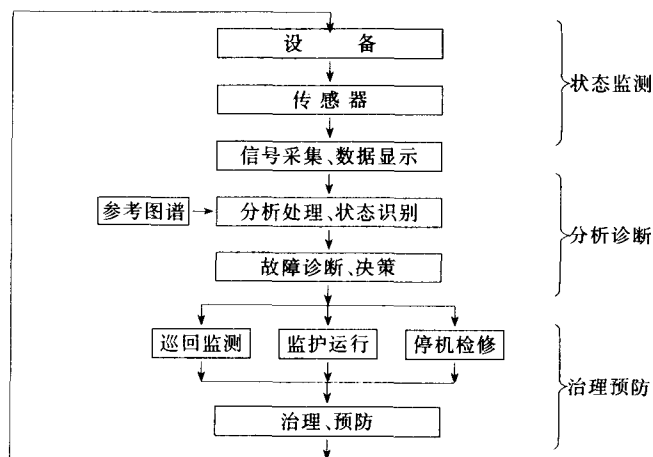


图 1-1 状态监测与故障诊断的三个阶段

一、状态监测

状态监测是在设备运行中，对特定的特征信号进行检测、变换、记录、分析处理并显示、记录，是对设备进行故障诊断的基础工作。检测的信号主要是机组或零部件在运行中的各种信息（振动、噪声、转速、温度、压力、流量等），通过传感器把这些信息转换为电信号或其他物理量信号，送入信号处理系统中进行处理，以便得到能反映设备运行状态的特征参数，从而实现对设备运行状态的监测和下一步诊断工作。

由传感器或人的感官所获取的信息需要记录下来，供分析和日后对比、查阅，这就需要进行数据采集和简单的处理、显示。大多数传感器输出的信号属于模拟信号，在磁带记录仪上记录时不需要进行数字转换，而输入计算机或进行分析处理时，还需要转换为数字信号（即进行 A/D 转换），这些是数据采集的主要工作。

在这些信息和信号中，有些是有用的，能反映设备故障部位的症状，这种信息称为征兆或故障征兆；有些并不是诊断所需要的信号，因此，需要处理和排除。为了提取征兆信号，需要做一些特征信号的提取工作，这是由信号处理系统来完成的。

二、分析诊断

分析诊断实际上包括两方面的内容：信号分析处理、故障诊断。

由传感器或人的感官所获取的信息往往特征不明显、不直观，很难直接进行故障诊断。

信号分析处理的目的是把获得的信息通过一定的方法进行变换处理，从不同的角度提取最直观、最敏感、最有用的特征信息。分析处理可用专门的分析仪器或计算机进行，一般情况下要从多重分析域、多个角度来分析观察这些信息。分析处理方法的选择、处理过程的准确性以及表达的直观性都会对诊断结果产生较大影响。

故障诊断是在状态监测与信号分析处理的基础上进行的。进行故障诊断需要根据状态监测与信号分析处理所提供的能反映设备运行状态的征兆或特征参数的变化情况，有时还需要进一步与某些故障特征参数（模式）进行比较，以识别设备是运转正常还是存在故障。如果存在故障，要诊断故障的性质和程度、产生原因或发生部位，并预测设备的性能和故障发展趋势。这是设备诊断的第二阶段。

三、治理预防

治理预防措施是在分析诊断出设备存在异常状态，即存在故障时，就其原因、部位和危险程度进行研究并采取治理措施和预防的办法。通常包括调整、更换、检修、改善等方面的工作。如果经过分析认为设备在短时间内尚可继续维持运行时，那就要对故障的发展加强监测，以保证设备运行的可靠性。

根据设备故障情况，治理预防措施有巡回监测、监护运行、立即停机检修三种。

发现故障、诊断故障并不是状态监测与故障诊断工作的全部目的，确定故障原因、采取合理的治理措施，在确保安全的前提下，将不采用状态监测与故障诊断技术时的立即停机检修转化为采用状态监测与故障诊断技术后的维持运行，避免不必要的停机，延长设备运行周期，才是状态监测与故障诊断的真正目的，也是这项技术能够迅速发展、推广的根本原因。

四、设备状态监测与故障诊断的区别与联系

设备状态监测与故障诊断既有区别又有联系，在生产实际中，有时又将二者统称为设备故障诊断。实际上，没有监测就没有诊断，诊断是目的，监测是手段；监测是诊断的基础和前提，诊断是监测的最终结果。

状态监测通常是通过监视和测量设备或部件运行状态信息和特征参数（例如振动、温度、压力等），并以此来判断其状态是否正常。例如，当特征参数小于允许值时便认为是正常，否则为异常。还可以用超过允许值的多少来表示故障严重程度，当它达到某一设定值（极限值）时就应停机检修。这个过程的前半部分就是状态监测。

有些情况下，监测结果不需要作更进一步的分析和处理，仅以有限的几个指标就可以确定设备的状态，这就是以监测为主的简易诊断，也属于诊断的范围。通常情况下，当简易诊断发现设备或部件发生异常时，应转入精密诊断。此时应该对异常状态进行多方面的分析，这种分析包括收集设备运行的历史资料、对简易诊断的结果进行审核，同时进一步合理地选择测量仪器对设备的各种参数进行监测，对监测得到的特征信号在时域、频域、幅值域以至倒频域等各个方面进行全面分析，以便从特征信号中提取各种征兆，对设备做出综合判断。通常所称的“故障诊断”不是简易诊断，而是指比较复杂的精密诊断。

设备故障诊断不仅要检查出设备是否正常，还要对设备发生故障的部位、产生故障的原因、故障的性质和程度给出深入的分析和判断，即要做出精密诊断。这就不仅仅要求对状态监测和故障诊断理论有比较系统的了解，更重要的是对设备本身的结构、特性、动态过程、故障机理以及故障发生后的后续事件（包括维修与管理）有比较清楚的了解。从这一角度来看，故障诊断技术与状态监测系统又有比较大的区别，有着十分不同的专业倾向。

五、故障诊断方法的分类

故障诊断方法的分类是一门非常重要的研究课题，许多学者提出了不同的分类方法，例如可以按诊断的对象分类、按诊断的目的和要求分类、按所采用的手段分类、按诊断方法的完善程度分类、按识别故障的模式分类等。表 1-1 列出一些学者的不同分类方法，供参考。

表 1-1 故障诊断方法分类

分类依据	分 类 内 容		
诊断对象	①旋转机械故障诊断 ④工程结构故障诊断	②往复机械故障诊断 ⑤电气设备故障诊断	③机械零件故障诊断
诊断目的和要求	①在线诊断和离线诊断 ④直接诊断和间接诊断	②功能诊断和运行诊断 ⑤常规诊断和特殊诊断	③定期诊断和连续诊断
诊断手段 (信号物理特性)	①振动诊断 ④强度诊断 ⑦电参数诊断	②声学诊断 ⑤污染诊断 ⑧压力诊断	③温度诊断 ⑥光学诊断 ⑨金相诊断
诊断方法的完善程度	①简易诊断	②精密诊断	③系统综合诊断
识别故障模式	①统计识别诊断 ④模糊识别诊断	②函数识别诊断 ⑤灰色识别诊断	③逻辑识别诊断 ⑥神经网络识别诊断

第三节 状态监测与故障诊断技术的发展与应用

一、国外状态监测与故障诊断技术的发展概况

美国是最早开展设备状态监测与故障诊断工作的国家之一。1961 年开始执行阿波罗计划后，发生了一系列由设备故障酿成的悲剧，引起了美国军方和政府有关部门的重视。1967 年 4 月，在美国宇航局 (NASA) 的倡导下，由美国海军研究室 (ONR) 主持，召开了美国机械故障预防小组 (MFPG) 成立大会。会议的中心议题是：组织问题和明确课题的含义，有组织地开发监测与诊断技术。1971 年 MFPG 划归为美国国家标准局 (NBS) 领导，下设四个小组：故障机理研究组，监测诊断和预测技术组，可靠性设计组，材料耐久性评价组。

除 MFPG 外，美国机械工程师学会 (ASME) 领导下的锅炉压力容器检测中心 (NBBI) 在应用声发射技术 (AE) 对静设备故障诊断方面也取得了重要成果。其他还有 Johns Mitchel 公司的超低温水泵和空压机监测技术，SPIRE 公司在军用机械轴与轴承方面的诊断技术等在国际上都处于领先地位。

在航空运输方面，美国在可靠性维修管理的基础上，大规模地对大型飞机进行状态监测，研制并应用了以计算机为基础的飞行器数据综合系统 (AIDS)，采集、记录、分析处理大量飞行中的信息来判断飞机各部位的故障并能发出排除故障的指令。这些技术在 B747 和 DC9 等巨型客机上的成功应用，大大提高了飞行的安全性。目前，美国的军用飞机也都装备了功能强大的状态监测与故障诊断系统。

英国以 R. A. Collacott 为首的机器保健中心于 20 世纪 60 年代末 70 年代初开始研究状态监测与故障诊断技术。1982 年曼彻斯特大学成立了沃福森工业维修公司 (WIMU)，主要从事状态监测与故障诊断的研究工作和教育培训工作。除此之外，在核电站、钢铁等行业也成立了相应的组织，开展这方面的研究工作。

设备状态监测与故障诊断技术在欧洲其他国家的广泛性虽然不如英美，但都在某一方面

具有特色或占有领先地位，如瑞典 SPM 仪器公司的轴承监测技术，丹麦 B&K 公司的传感器制造技术等。

如果说英、美各国在军事、航空等方面的状态监测与故障诊断技术占有领先地位的话，那么日本则在民用工业，如钢铁、化工、铁路等行业发展得较快，占有明显优势。日本的做法是密切注视世界各国动向，积极引进和消化最新技术，努力发展自己的诊断技术，特别注意研制本国的诊断仪器。日本开展诊断技术研究工作主要有两个层面：一是高等院校，比较有名的有东京大学、东京工业大学、京都大学、早稻田大学等，它们均发表了不少基础性的研究报告；另一个层面是一些企业，如三菱重工、东京芝浦电气、东京小野测器、国际机械振动公司（IMV）等，它们的研究工作是在企业内部以生产为中心开展的，具有较高的应用水平。

二、我国设备状态监测与故障诊断技术的发展概况

我国对设备状态监测与故障诊断技术的认识和发展也经历了与国外同样的过程。1979 年以前，一些大专院校和科研单位结合教学和有关设备诊断技术的研究课题，逐渐开始进行机械设备状态监测与故障诊断技术的理论研究和小范围的工程实际应用研究，特别是随着 30 万吨合成氨等一批大型石化装置的引进，某些装置的机组频繁发生事故，促进了对这项技术研究的重视。

从 1979 年到 1983 年，设备状态监测与故障诊断技术从初步认识进入到初步实践阶段，以学习英、美、日等国的先进技术和经验为主，对一些故障机理、诊断方法及简易监测诊断仪器进行研究和研制。同时利用一些国外监测诊断设备，在进行研究的同时直接应用于实际生产，取得了一些成就，为加快我国的设备状态监测与故障诊断技术开发研究工作争取了时间。

1983 年国家经委颁布的《国营工业交通企业设备管理试行条例》，有力地推动了我国设备状态监测与故障诊断技术的开发研究工作，一些部委成立专门的研究机构，如化工部振动检测中心、中国石化总公司设备状态检测中心、冶金部设备诊断研究室等。与此同时，一些高等院校、科研单位也成立了专门的研究室或研究所。这些都为我国设备状态监测与故障诊断技术的开发、研究、发展奠定了良好的组织基础，使我国的设备状态监测与故障诊断工作开始走向深入研究和蓬勃发展阶段。

1984 年 7 月在北京成立中国设备管理协会，1985 年 11 月在上海召开了设备诊断技术应用推广会议；1985 年 5 月在郑州成立中国机械设备诊断技术学会，1986 年 6 月在沈阳召开了第一届中国机械设备诊断技术学会年会暨国际学术会议。这些组织致力于广泛交流我国在该领域内各方面的技术成果，深入探讨设备状态监测与故障诊断在国内外的发展动向，有力地推动了这一学科的发展，使其有效地为我国的国民经济建设服务。

目前我国的设备状态监测与故障诊断技术水平同发达国家的差距已大大缩短，在一些方面，如计算机监测与故障诊断的软件开发等，完全可以满足生产实际的需要，达到同期世界先进水平。

三、设备状态监测与故障诊断技术的应用

设备状态监测与故障诊断技术在我国虽然起步较晚，历史不长，但发展很快，特别是近 20 年来，在国内得到前所未有的重视和发展，其应用领域也十分广泛。

1. 石化行业

石化行业是我国开展设备状态监测与故障诊断工作最早的行业，也是应用最成功的行业

之一。大、中型企业普遍采用了状态监测与故障诊断技术，监测和诊断技术水平普遍较高，大部分设备故障都能够得到预报和妥善处理，关键设备普遍达到连续运行 300 天以上的水平，平均大修周期为制造厂规定的 2 倍以上，检修时间和费用大大降低，经济效益非常明显。

2. 水电、火电行业

水电、火电行业重点在大机组上开展设备状态监测与故障诊断工作，并充分组织和发挥大区供电局、电力科学研究院、电力研究所和热工所的作用，开展了许多设备状态监测与故障诊断技术的试验研究工作，其中大型发电机组状态监测与故障诊断技术、红外热成像技术、转子绕组匝间短路检测技术等应用效果良好，效益明显。

3. 冶金行业

冶金行业在开展设备状态监测与故障诊断工作方面采取了积极稳妥的步骤，以北京冶金设计研究所为基地，建立设备诊断研究室，并对外承担现场测试等服务。之后又确定了一批试点单位，引进一批国外的振动、脉冲分析仪器、红外热像仪以及铁谱仪等，建立了振动、红外和铁谱等实验室。冶金行业重点对烧结风机、制氧站空压机及高炉风机等关键设备进行监测分析，成效显著。

4. 航空领域

现代客机的发动机在飞行过程中需要监测的参数约 40 个，全部信息被送到诊断中心进行分析，然后做出决策，在涡轮喷气发动机发生故障之前，消除不安全因素，以保证安全飞行。

5. 核反应堆

反应堆是核电站的核心设备，为了防患于未然，我国已利用中子噪声频谱分析技术对反应堆结构上的缺陷、安装配合不良以及堆芯部件的异常振动进行监测和诊断，保证了反应堆的正常运行及核电站设备的安全。

6. 交通行业

铁路内燃机车、船舶发动机的性能和安全对社会安定具有重要影响，振动和噪声既污染环境又影响身体健康，目前应用频谱分析诊断发动机的振动源及噪声源，用铁谱技术分析诊断磨损部位和严重程度均已成功地用于生产实际，对于提高发动机的运行质量、提前发现故障起到了决定性的作用。

以上仅是故障诊断技术在几个方面应用的情况，此外，故障诊断技术在军舰发动机、汽车、纺织机械、矿山机械、机床及动力设备、齿轮和轴承、家用电器等方面都得到了广泛的应用。