

机电设备监测与诊断现代技术

中国机械工程学会
设备维修分会 编

中国宇航出版社

机 电 设 备

监测与诊断现代技术

中国机械工程学会设备维修分会

主 编 徐小力

副主编 王书茂 万耀青

中国宇航出版社

内 容 简 介

本书提供了机电设备监测与诊断领域内的现代技术、科研成果和应用实例。主要包括振动分析、声发射分析、油液分析、电气分析、趋势预测和预知维护等新技术,也包括智能分析、基于网络和基于虚拟仪器的先进技术,同时介绍了新型监测和诊断仪器及系统,从多个方面反映了本研究领域的发展趋势以及新理论、新方法和新经验。

本书可供具有机械电子专业基础的企业工程技术人员和设备管理人员,研究院所和高等院校的科研人员、专业教师和研究生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电设备监测与诊断现代技术/徐小力主编. —北京:
中国宇航出版社, 2003.3

ISBN 7-80144-570-8

I. 机… II. 徐… III. ①机电设备—故障监测
②机电设备—故障诊断 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 021486 号

书 名 机电设备监测与诊断现代技术
责任编辑 任长卿

出 版 行 中国宇航出版社

社 址 北京市和平里滨河路 1 号 邮编 100013

经 销 新华书店

发行部 (010)68372924 (010)68373451(传真)

读 者 北京市阜成路 8 号 邮编 100830

服务部 (010)68371105 (010)68522384(传真)

承 印 北京海事印刷厂

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

787×1092

开 本 1/16

印 张 31

字 数 787 千字

印 数 1~600 册

书 号 ISBN 7-80144-570-8

定 价 150.00 元

本书如有印装质量问题可与发行部调换

中国机械工程学会设备维修分会
《机电设备监测与诊断现代技术》编委会

顾 问 屈梁生 黄昭毅

主 编 徐小力

副主编 王书茂 万耀青

编 委 徐小力 王书茂 万耀青 马汉元
丁立汉 洪孝安 王 琪

前 言

机电设备监测与诊断技术是机械电子技术、计算机技术、现代测试技术和人工智能等多项先进技术交叉和综合而迅速发展起来的现代技术,是现代化生产、先进制造技术和现代化管理发展的必然产物;该技术可以有效地避免设备意外事故,节约维护费用,是保证设备安全运行和实现科学维护的关键技术。该项技术发展空间很大,推广应用领域广泛,经济效益潜力巨大。随着设备监测与诊断技术的发展及应用成本的降低,该技术带来的经济效益和社会效益日益明显,对该项技术的需求也将日益增加。

第十届全国设备监测与诊断学术会议于2000年5月在北京召开,至今已有一年多的时间,在该期间设备监测与诊断技术在理论和实践方面都有了新发展。

第十一届全国设备监测与诊断学术会议于2002年10月在江苏无锡召开,会议的主题是:“新世纪开展设备监测与诊断技术的创新和推广应用”。本届学术会议得到了全国有关工业企业和高等院校、研究院所的大力支持,收到论文近200篇,参会代表160多人。研究成果和应用成果涉及机械、石油、冶金、化工、有色、电力、铁路、航运、汽车、电子、仪器仪表、航空、航天、材料、轻工、纺织、海洋、农业、交通、煤炭、军工等20余个行业,涉及研究院所及高等院校40余个,涉及设备监测与诊断仪器研发、生产和销售厂家十余家。在本届学术会议上,屈梁生教授、黄绍毅教授、美国BJM公司电机故障诊断专家Howard. H. PenRose博士等国内外知名专家教授做了专题学术报告,从事监测和诊断工作的企业工程技术人员和管理人员,研究院所和大专院校的专家学者等专业技术人员进行了论文和研究成果的交流,监测诊断仪器的研发、生产和销售的厂家介绍和展示了高新仪器产品。

本书围绕机电设备监测与诊断现代技术的主题,从“中国机械工程学会设备维修分会第十一届全国设备监测与诊断学术会议”交流论文中精选了部分内容,并在形式和内容上进行了编辑和加工。在编辑和

加工中,突出了对本项技术具有普遍意义的新方法和新系统,以及对于新技术的实践验证及应用成果;精简了普通的原理和手段,简化了具体研究过程和一般性经验和体会。

本书内容包括了设备监测与诊断的新理论、新方法、新经验和新产品,涉及了振动分析、油液分析、声发射分析、电气分析、状态趋势预示、预知维护等新技术以及智能分析、虚拟仪器和远程网络的现代技术和应用,也包括基于实际推广应用的简易诊断、监测及诊断的方法,从多个方面反映了当前设备监测和故障诊断学术成果,展示了高新监测与诊断技术,提倡普及简易诊断技术,强调应用研究和推广研究成果,大体上反映我国近二三年设备监测与诊断的新技术、应用水平和发展趋势。

本书是在编委会和论文作者的共同努力下完成的,借此机会对参与本书撰写、编辑和出版工作的有关单位和人员表示衷心感谢;同时向热心我国设备监测与诊断研究、应用和推广工作的老前辈表示衷心感谢。在新世纪,企业要注重普及和推广简易诊断技术;监测与诊断仪器厂家要注重研发具有自主知识产权的新产品;高校和研究院所要注重面向实际应用的监测和诊断技术的创新。

2003年3月是我国工交企业开展设备监测与诊断技术活动20周年,也是设备监测与诊断技术委员会成立20周年,谨以本书及涉及的研究成果作为庆祝。

中国机械工程学会设备维修分会
《机电设备监测与诊断现代技术》编委会
2003年2月

目 录

第一篇 特邀专题

全息动平衡技术——一种机组故障诊断的先进技术·····	(3)
试论当前设备诊断技术可持续发展的重要环节·····	(6)

第二篇 监测与诊断技术的发展及综述

机电设备监测与诊断技术的进展·····	(11)
往复式注水泵故障诊断的现状与发展·····	(16)
新世纪设备诊断工程展望与对策·····	(20)
设备诊断技术综述·····	(23)

第三篇 监测与诊断一般方法与应用

NC 机床的运动精度诊断法·····	(29)
面向机械设备状态维护的在线趋势预测技术·····	(32)
机械设备磨损模式识别的信息融合方法·····	(37)
故障诊断技术在核反应堆系统中的应用·····	(41)
调平油缸刮缸故障现象诊断、分析及其改进·····	(46)
设备故障诊断最优搜索策略的求解·····	(49)
柴油机性能监测与故障诊断·····	(53)
离心式天然气压缩机状态监测技术应用·····	(57)
德国席士数控龙门铣工作台故障的诊断及对策·····	(60)
设备检测与故障诊断技术在浅海油田生产中的应用·····	(62)
机床切削过程的切削力实时监测·····	(65)
全断面隧道掘进机主变速箱的状态监测与故障诊断·····	(69)
工程机械修理质量检验模型·····	(73)
基于 WEB 和 RDCM 的设备综合管理信息系统·····	(77)
大型机械设备在线趋势预测的预测模型及预测方法·····	(80)
火电厂给水泵监测系统设计方案研究与实践·····	(85)
应用监测技术推动船舶机械维修方式的发展·····	(89)
机械设备寿命预测的方法及展望·····	(92)
输油管道故障诊断中的实时模型法·····	(96)
柱塞泵泵阀故障诊断·····	(100)
油田设备监测技术应用的探讨·····	(103)
以检修时间为核心的设备智能点检管理·····	(105)

火电厂锅炉一次风粉在线监测、诊断系统的应用	(108)
汽轮机的汽流涡动故障分析	(110)
铁路机务系统设备状态维修研讨	(115)
35t/h 煤粉炉出现正压燃烧现象的原因分析	(117)
设备诊断技术在热电厂的应用	(120)
牵引电机清洗烘干设备清洗泵的故障诊断	(122)
双进双出钢球磨煤机设备的监测与诊断	(124)
胜利发电厂实施状态检修的探讨	(126)
多轴系旋转机械故障诊断	(129)
MCS 型集散系统监控技术在注水泵站中的应用	(132)
全自动燃油燃烧器故障诊断	(134)
燃油热水锅炉常见爆管原因及预防对策	(136)
浅谈微机管理在检测工作中的重要地位	(138)
双向动态监测在注水设备管理中的应用	(140)
利用综合性能监测,强化车辆使用管理	(141)
设备状态监测技术在设备管理中的应用	(143)

第四篇 智能监测与诊断

用模糊方法分析 PZ12V190B 柴油机技术状态	(147)
基于粗集和神经网络理论的磨粒图像模式识别	(151)
基于 VPRS 模型的故障特征选择与诊断规则提取方法	(155)
基于遗传 BP 算法的神经网络及应用研究	(159)
机械设备智能诊断与预测维修系统的研究	(163)
灰色关联度模型在轴承故障中的应用	(167)

第五篇 振动、声监测与诊断

风机不平衡研究	(173)
模态声发射检测技术在管道泄漏检测中的应用	(176)
大型电机风扇断裂故障分析诊断与改进设计	(181)
基于齿轮振动响应的齿轮断齿故障分析与研究	(184)
基于一种时频分布的机械故障诊断	(188)
利用声信号对往复式机械滚动轴承的故障诊断	(193)
高炉鼓风机振动状态监测	(196)
高炉布料齿轮箱在线状态监测与故障分析	(199)
简易诊断技术在动力主体设备中的综合应用	(202)
工业空调风机振动监测系统的研制及应用	(205)
峭度系数法在滚动轴承诊断中的应用一例	(207)
200MW 汽轮发电机组轴系振动与综合分析	(209)

依据声信号的电容器局部放电模式识别·····	(214)
声发射技术在离心泵故障诊断中的应用·····	(218)
小波变换在声发射无损检测中的应用研究·····	(221)
轴承故障诊断研究·····	(224)
监测诊断技术在舰艇装备维修中的应用·····	(227)
基于瞬态过程分析的轴承故障诊断研究·····	(229)
滑动轴承磨损及松动故障诊断·····	(234)
吐丝机轴承故障诊断·····	(237)
高炉循环水清循环冷却塔风机的故障诊断·····	(240)
风机振动的测量与分析·····	(243)
闭式齿轮故障诊断·····	(246)
钢轨在线超声波探伤装置的研制·····	(249)
1350 连铸机结晶器振动状态研究 ·····	(252)
应用振动故障诊断技术,发现隐含设备缺陷 ·····	(255)
数据采集器在振动监测诊断技术的实际应用·····	(257)
C516A 立式车床变速箱特殊故障的诊断 ·····	(259)
振动数据采集器在化纤设备中的应用·····	(261)
海上旋转设备振动判断标准的建立·····	(262)
电动双梁桥式起重机起升机构的故障诊断·····	(265)
聚丙烯装置关键设备故障诊断·····	(267)
DF400 型注水泵机组故障诊断及排除 ·····	(270)
大型机械设备在线趋势预测的状态分析技术·····	(273)
二重催 K101 烟机轴振动的分析 ·····	(277)
潜油电泵振动原因及检测方法探讨·····	(280)

第六篇 油液监测与诊断

油液分析故障诊断的界限值和多目标诊断问题·····	(285)
航空发动机润滑油监控技术研究·····	(289)
内燃机油品分析专家系统的研究和应用·····	(293)
机械设备的油液污染控制·····	(297)
油液分析法在天然气压缩机故障诊断中的应用和发展·····	(301)
液压故障诊断技术的研究·····	(305)
内燃机润滑油衰变初探·····	(308)
船用活塞环摩擦磨损的油液监测研究·····	(312)
利用光谱和铁谱分析技术对脂润滑滚动轴承进行状态监测·····	(315)
某型航空发动机润滑油光谱监控技术研究及其应用·····	(318)
在线用油设备故障综合诊断探索·····	(321)
对现代油品管理工作的探讨·····	(326)

船舶柴油机油液监测技术及其维修决策研究·····	(329)
快速油质分析仪在工业企业中的应用·····	(332)
油液监测在设备润滑管理和预防性维修中的应用·····	(334)
热电厂 1# 汽轮发电机组轴瓦脱胎诊断及处理·····	(337)
加强设备润滑油品状态监测工作实践与体会·····	(339)
车辆润滑油品监测·····	(341)

第七篇 电气监测与诊断

电机绕组故障诊断的 MCA 新技术·····	(345)
漏磁无损检测技术的研究现状·····	(349)
面向状态维修的电力变压器故障模式及危害分析方法·····	(352)
楼宇自控系统与空调负荷控制·····	(356)
电气设备在线监测技术的研究与发展·····	(359)
基于发电机绝缘的射频监测与模糊诊断·····	(362)
绝缘在线监测技术在变电站的应用·····	(364)
胜利油田变电设备状态检修·····	(367)
万吨丙纶装置生产线第二牵伸机监测系统的改造·····	(369)

第八篇 监测与诊断仪器及系统

轮式工程车辆跑合试验台测控系统研究·····	(373)
基于 DSP 的便携式双通道信号分析仪的研究与实现·····	(377)
大型旋转机械设备在线趋势预测系统的研制及应用·····	(380)
直读式旋转铁谱仪集成控制系统开发·····	(385)
基于 DSP 的便携式双通道数采器/分析仪的软件研制·····	(389)
应用新型电机故障检测仪进行电机状态检测·····	(393)
成品油管道泄漏并行诊断框架机理研究·····	(395)
DB-WOI 型泵效监测仪的应用·····	(399)
高精密大型仪器故障诊断方法初探·····	(402)
火电厂设备巡检及缺陷管理系统方案研究·····	(404)

第九篇 基于网络的监测与诊断

基于 INTERNET 的轮机油液智能诊断专家系统·····	(411)
设备故障远程诊断系统的研究·····	(415)
基于 INTERNET 的设备远程监测诊断系统研究·····	(418)
设备运行状态网络监控服务系统·····	(422)
车载组合导航系统的系统级 BIT 设计·····	(426)
基于网络的大型热轧机组在线监测诊断系统·····	(430)
CAN 总线在网络数据采集器中的运用·····	(434)

用 ACTIVEX 技术构建基于 B/S 模式的远程监控系统	(437)
基于网络技术的工程装备远程故障诊断	(440)
多线程技术在管道泄露诊断数据通信中的应用	(443)
油液检测中心实现网络化服务和管理方案研究	(446)
LabVIEW 平台上实现机器的远程状态监测及故障诊断	(450)
KWP2000 与车辆故障诊断	(453)

第十篇 基于虚拟仪器的监测与诊断

虚拟仪器系统——一种现代理念的监控平台	(459)
基于虚拟仪器的工程机械跑合试验台	(463)
一种基于虚拟仪器的设备故障检测、诊断技术	(465)
虚拟系统下水泵机组的智能监测与故障诊断	(469)
故障诊断中基于 WINDOWS 的数据采集系统设计	(472)
虚拟仪器技术下的状态监测及预测系统	(476)
LabVIEW 调用 Microsoft Excel 在状态监测系统中应用	(480)

第一篇

特邀专题

全息动平衡技术——一种机组故障诊断的先进技术

屈梁生

(西安交通大学机械诊断与控制学研究所, 西安 710049)

1 基本概念

转子稳态运行时, 转频运动除自转外, 其公转称为进动, 所形成的轨迹即转频椭圆。转子自转 90° 时, 公转也转过 90° 其拉伸纤维恒为拉伸状态, 其压缩纤维恒为压缩状态。

转子进动分为正进动与反进动。自转与公转同向称为正进动, 反之为反进动。

转子上的键槽是确定转子物理方位的惟一标记。键槽对准键相传感器时, 转子轴心在转频椭圆上所处的位置称为初相点 (IPP)。转子初相点相位在临界转速前后作 180° 翻转。

低于临界转速时, 转子上的重点在椭圆的外法线上, 高于临界转速时, 在内法线上。一定转速下, 初相点在转频椭圆上的变化反映了转子上重点位置的变化。

转频椭圆的大小取决于转子失衡的大小。转频椭圆的偏心率取决于转子轴承系统各向刚性的差异。

2 转频故障的特征与识别

转频故障是机组运行中最常见的故障。识别转频故障的能力是评定机组诊断软件质量的重要标志。必需先判明失衡是机组主导转频故障, 才能进行动平衡。

转频故障的类型包括: 转子失衡; 静力失衡与力偶失衡转子或轴承刚性变化; 润滑油温改变引起的失稳; 轴承间隙过大和刚性不足; 转子热弯曲; 转子永久性弯曲; 角度不对中与平行不对中。

3 三维全息谱

三维全息谱同时提供所有轴承横断面的旋转振动信息。主要用于现场动平衡、起停车过程、模态分析、对中分析及大修前机组状态分析中。

三维全息谱的分解的主要作用如下:

- (1) 三维全息谱的创成线反映了机组失衡的性质;
- (2) 三维全息谱的初相点提示了机组失衡的方位;
- (3) 借助三维全息谱, 可在任意转速下将失衡响应分解为力与力偶两部分, 然后分别加以抵消。

4 全息动平衡

4.1 线性假设

全部配重在各支承平面上的总振动响应等于各个配重在各支承平面上单独振动响应之和。据此线性假设, 各个配重的影响, 可以通过简单的加减来获得。线性假设如图 1 所示。

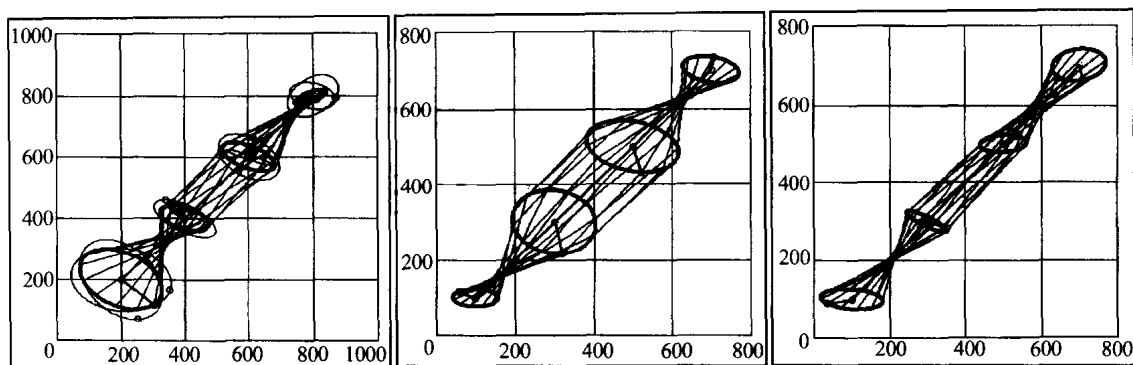


图 1 线性假设

4.2 配重与初相点的对应关系

配重在不同圆周位置下转子的振动如图 2 所示。

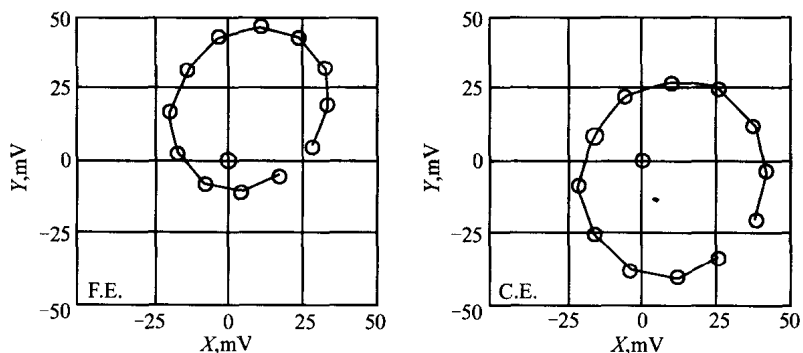


图 2 配重在不同圆周位置下转子的振动

4.3 移相椭圆的性质

当配重初相点 Q 在移相椭圆与原始椭圆轨迹相交的遮影面内时, 振动将减小。当配重初相点 Q 在移相椭圆的其他区域内时振动将加大。当配重椭圆的初相点 Q 与原始椭圆的初相点 IPP 成镜面对称时, 振动将减小为零。

4.4 遗传算法优化

如图 3 所示。

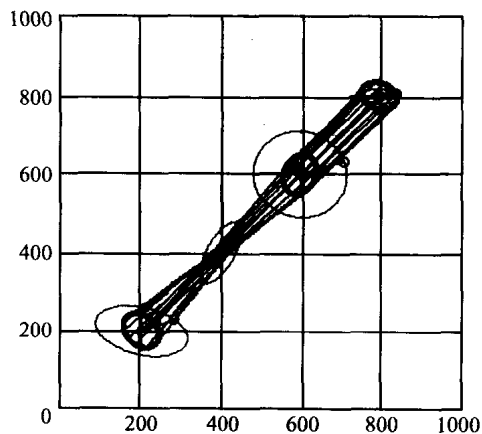


图 3 遗传算法优化

4.5 失衡响应的对偶性

不平衡在支承面上的响应是成对的。一个有 n 个支承和 $n-1$ 个平衡面,转子间刚性连接形成的轴系,如果用 $n-1$ 个配重分别消除了 $n-1$ 个支承上的振动响应时,第 n 个支承面上的失衡振动必然会自动消减。

4.6 计算机微调

如图 4 所示。

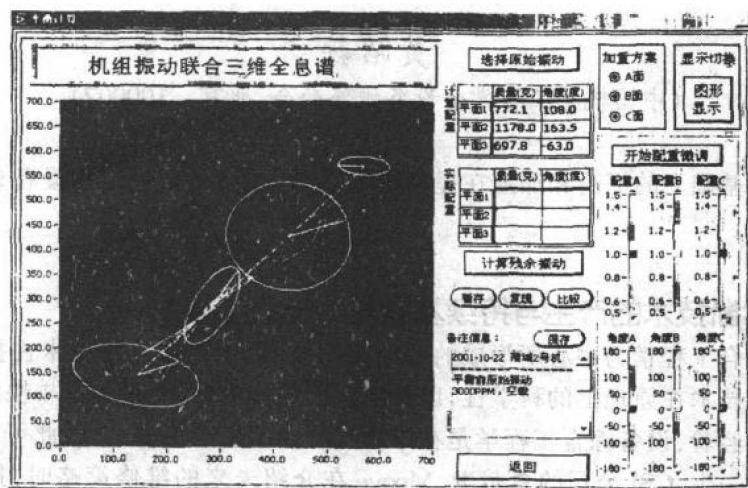


图 4 计算机微调

5 结论

全息动平衡技术综合运用了信息集成,计算机模拟和遗传算法优化,在动平衡领域中实现了与前沿技术的结合。

运用全息谱技术确诊失衡是机组的主导故障,是进行全息动平衡的基本前提和成功的保证。

对平衡过程中移相椭圆和初相点行为的研究和发现,是全息动平衡的核心技术。它提高了现场动平衡过程中的预见性、安全性和科学性。

对转子的三维全息谱分解,可以在任意转速下将失衡响应分解为力与力偶两部分,然后分别加以平衡。

全息动平衡技术的综合效益是减少了现场动平衡过程中的盲目性,提高了安全性,减少了起停车次数和相应的消耗,用于大机组现场动平衡时,其经济效益显著。

试论当前设备诊断技术可持续发展的 重要环节

黄昭毅

(中国机械工程学会设备维修分会,北京 100007)

坚持在普及基础上的提高和加强在提高指导下的普及,是新世纪初设备诊断技术可持续发展的重要环节。

1 设备诊断技术的产生与持续发展是历史的必然

在以设备综合工程学为中心所形成的各项应用技术中,设备诊断技术占据了重要的核心位置。由于诊断技术在原理上的科学性,以及实践上的有效性,而得到了较快发展。根据工业发达国家美国的经验,设备综合工程学是在维修工程的基础上形成的,故此可靠性与维修性应该贯彻到设备的一生,CSI公司的总裁 R. Moove 在介绍未来的维修策略时,指出了美国维修体制的新突破是对可靠性维修(RBM)的确认,它比现行的事后维修(BM)、预防维修(PM)、预测维修(PDM)乃至改善维修(CM)都要深刻与完善,它是在 PM, PDM 及主动维修 PAM 三大维修策略间进行平衡,好比一个天平,两个托盘分别是 PM 及 PAM,而其支点则是 PDM。所以第三代维修也是离不开诊断技术,即便是近年开始引进重视的风险维修 RBM,也还要以诊断技术为依据,故此,设备诊断技术不仅需要而且也是可持续发展的重要技术。

2 设备诊断工作应该坚持普及基础上的提高

我国在设备诊断技术的推进上,虽已取得了很大成绩,但也还存在着问题,需要给予足够重视,及时采取有效措施,保证持续发展,首要的任务就是要坚持普及基础上的提高。设备简易诊断具有容易学习、容易见效和费用较低的优点,能够为广大现场人员掌握,得到企业领导部门的支持。18年来简易诊断和精密诊断都有了一定的普及,而简易诊断则普及更多一些,但毕竟也还未能达到在需要开展而有能力开展的企业里全面开展,并且各行业的开展情况也差别很大,就是在重点设备的覆盖率上也距 70% 尚有一定距离。

因此在新世纪到来之际,首要的工作还是要把简易诊断抓好,多见成效,深入人心,也为进一步普及精密诊断,应用高级诊断打下良好基础。其次的工作是要提高简易诊断水平,纠正一些认识上的误区。认为设备诊断无非像病理诊断,拍个片子,作个频谱,按照案例,对号入座。不管时域频域,不论稳态瞬态,全都如法炮制;有的则认为简易诊断是低水平,状态监测没有用,不如从起步就搞精密诊断,忽视了时域分析就包括了波形分析、轴心轨迹、同步平均、概率统计以及主分量分析、无量纲诊断等等,它们不容易发生信息的丢失或畸变,也能够诊断出相当多的异常与故障,应该肯定近年来,国内诊断界在这方面较前有所投入,是一个进步。

简易诊断面向的是设备中大量的常见病与多发病,而非复杂的疑难病和特殊病。从国内外的经验体会,绝大多数的设备问题是可以这个方法予以解决的,这就是杀鸡不用牛刀,