

机械设备故障诊断与监测的常用方法及其发展趋势

王 琳
(武汉汽车工业大学)

摘 要: 机械设备故障诊断及监测技术在现代工业中起着十分重要的作用。本文对机械故障诊断的基本过程和原理进行了论述,着重分析了四种常用的故障监测方法,最后对机械故障诊断和监测方法进行了展望。

关键词: 机械设备; 故障诊断; 故障监测

中图法分类号: TH165.2

随着科学技术的不断发展,机械设备越来越复杂,自动化水平越来越高,设备在现代工业生产中的作用和影响越来越大,与设备有关的费用越来越高,机器运行中发生的任何故障或失效不仅会引起严重后果,造成重大的经济损失,甚至还可能导致灾难性的人员伤亡和恶劣的社会影响。例如,1986年4月前苏联切尔诺贝利核电站四号机组发生严重振动而造成核泄露,致使2000多人死亡,直接经济损失达30亿美元^[1]。通过对机械工况进行监测,对其故障发展趋势进行早期诊断,便可以找出故障原因,采取各种措施进行维修保养,避免设备的突然损坏,使之安全经济地运转^[2],例如,法国Gravelines电厂对其近400台主辅设备进行了两年的状态监测试验,结果表明,由于采用状态维修,电厂实际节约了540多万法郎(尚未考虑停工造成的损失)^[1]。可见,机械设备故障诊断、监测技术在现代工业生产中起着非常重要的作用,开展机械设备故障诊断技术的研究具有重要的现实意义。本文对机械设备故障诊断与监测方法进行了探讨。

1 机械故障诊断和监测技术的发展及现状

早在二次世界大战期间,由于大量军事装备缺乏诊断技术和维修手段,而造成非战斗性的损坏,使人们意识到故障诊断和监测技术的重要性。60年代以来,由于半导体的发展,集成电路的出现,电子技术、计算机技术的更新换代,特别是1965年FFT方法获得突破性进展后出现了数字信号处理和分析技术的新分支,为机械故障诊断和监测技术的发展奠定了重要的技术基础^[3]。

美国最早开展机械故障诊断技术的研究,英国、瑞典、挪威、丹麦、日本等国紧随其后^[4]。早在1967年,美国就成立了机械故障预防小组(MFPG),开始有组织有计划地对机械诊断技术进行专题研究,并成功的运用于航天、航空、军事等行业的机械设备中;日本在钢铁、化工、铁路等民用工业部门的诊断技术方面发展很快,并具有较高水平;丹麦在机械振动监测诊断和声发射监测仪器方面具有较高水平^[3,5]。

我国在机械故障诊断技术方面的研究和应用相对较晚,二十世纪八十年代才开始着手组建故障诊断的研究机构,其发展也经历了从简易诊断到精密诊断,从一般诊断到智能诊断,从单机诊断到网络诊断的过程,发展速度愈来愈快。与国外发达国家相比,我国虽然在理论上跟踪较紧,但总体而言,在机械设备诊断的可靠性等方面仍有一定差距。

经过30多年的发展,作为新兴的综合性的边缘学科,机械故障诊断技术已初步形成了比较完整的学科体系。就其技术手段而言,已逐步形成以振动诊断、油样分析、温度监测和无损检测探伤为主,一些新技术或方法不断兴起和发展的局面。计算机硬件的突飞猛进,软件技术的日新月异,极大地促进了信号分析与处理技术的发展,从而更进一步推动机械故障诊断和监测技术向着科学化和实用化的方向发展。

2 机械故障诊断的基本过程及故障监测方法

2.1 机械故障诊断的基本过程

设备状态监测与故障诊断是通过掌握设备过去和现在运行中或在基本不拆卸的情况下的状态量,判断有关异常或故障的原因及预测对将来的影响,从而找出必要对策的技术,它是在动态情况下,利用机械设备劣化进程中产生的信息(即振动、噪声、压力、温度、流量、润滑状态及其他指标等)来进行状态分析和故障诊断,是一门综合

性技术,涉及传感器及测试技术、电子学、信号处理、识别理论、计算机技术以及人工智能、专家系统等多种基础学科和技术学科,是对这些基础理论的综合利用^[4]。机械故障诊断的基本过程如图 1 所示^[6]。

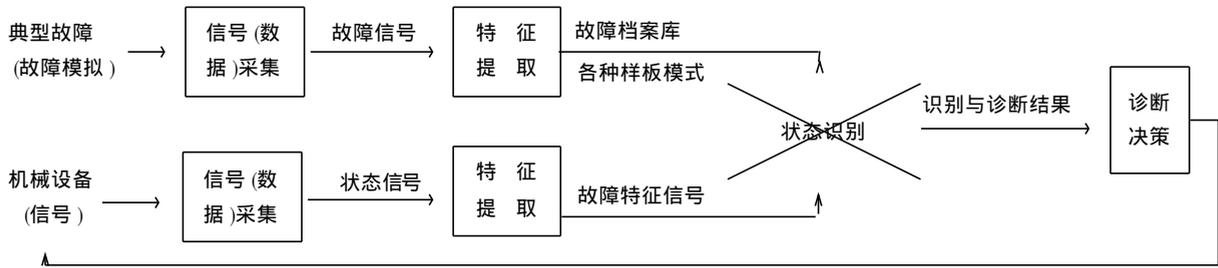


图 1 机械故障诊断的基本过程

2.2 机械设备故障诊断的常用方法

经过各国专家、学者以及广大工程技术人员多年的共同努力,机械故障诊断及监测技术在深度和广度方面得到了较大的发展,诊断技术手段不断完善,一些新的、有前途的技术手段不断涌现。在众多的诊断方法中,比较常用的诊断方法有振动诊断方法、无损检测技术、温度诊断方法和铁谱分析方法等。

振动诊断技术是利用正常机器或结构的动态性(如固有频率、振型、传递函数等)与异常机器或结构的动态特性的不同,来判断机器或结构是否存在故障的技术。振动信号是设备状态信息的载体,它蕴含了丰富的设备异常或故障的信息,而振动特征是设备运行状态好坏的重要标志^[7,8]。对于在生产中连续运转的机器设备,可以根据它在运转中代表其动态特性的振动信号,采用振动诊断技术在不停机的条件下实现在线检测和故障诊断;对于静态设备和工程结构,可以对它施加人工激励,然后根据反映其动态特征的响应,采用振动诊断技术判断是否存在损伤和裂纹,从而达到故障检测的目的。国内外的实践表明,以振动监测与故障诊断技术为基础的设备预知维修能节省大量的维修费用,取得显著的经济效益^[9]。振动技术理论基础雄厚,分析测试设备完善,诊断结果准确可靠,便于实时诊断,因而在机械故障诊断的整个技术体系中居主导地位。但振动诊断技术也有其不足之处,因它涉及信息传感、振动测试、信号处理等诸多领域,因而对设备诊断技术人员的要求较高。现代传感技术的发展为振动信号的测试提供了有力的保证,传感器性能的好坏直接影响到振动测量结果的准确性和可靠性,从而影响分析和诊断结果的正确性。随着微电子技术的新技术和新应用,计算机技术和自动控制技术在机械加工中的广泛应用,现代振动与冲击测量传感器正朝着更小、更轻、更可靠耐用的方向发展^[10]。

无损检测技术是涉及多学科、多内容的综合技术,包含超声波探伤、射线探伤、磁力探伤、渗透探伤、声发射检测、激光全息检测等。它是利用物质的某一物理性质因存在缺陷而发生变化的特点,在不破坏被检对象的前提下,对其进行检测^[11]。例如,热加工裂纹会导致早期疲劳裂纹;原材料冶金质量不良,焊接后在复杂应力作用下产生裂纹;长期交变应力作用下产生疲劳裂纹等,这些缺陷都可以采用无损检测技术及早诊断和监控^[12]。运用无损探伤技术可改进产品制造工艺、降低制造成本、提高设备的运行可靠性。随着重工业在国民经济中所占比重的下降,无损检测技术在金属工业(如钢铁工业等)中的应用比例呈下降的趋势,并逐步向其它工业部门渗透,目前无损检测技术也可用于检测食品工业中的污染物及检测土木工程中的混凝土和木制结构缺陷^[13]等,但仍然是机械故障监测的主要方法之一。

设备的某些部位对温度相当敏感,温度变化也较易监测^[14]。温度与机械设备的运行状态密切相关,一方面,温度是表征机械电气故障的一个特征参量,另一方面,温度也是引发机械设备故障的一个重要因素。根据系统及其周围环境温度的变化,可以识别系统的运行状态的变化。随着现代热学传感器和检测技术的发明和发展,温度诊断技术已成为故障检测技术的重要方向。

铁谱分析技术是 70 年代国际摩擦学领域发明的一项新技术,自 80 年代以来在我国迅速发展。它泛指磨损残粒分析技术或油样分析技术,是通过分析机器润滑油中的磨损残粒进行分析的一种不解体的检验方法。铁谱技术与其它状态监测方法相比,具有较高的检测效率,可对磨损故障作出早期诊断,定性和定量分析相结合等优点,它在发动机液压设备、运输机械监测方面已发挥了巨大的作用。但铁谱技术也有一定的局限性,如取样要求过于苛刻、过于依赖人的经验、数据处理较困难以及从取样到预报的时间较长等缺点。

3 机械故障诊断方法发展趋势

近十几年来,模糊诊断、故障树分析、专家系统、人工神经网络等新的诊断技术不断出现,从而产生了模式识别、故障树分析和小波分析等分析方法。故障树分析法是对系统故障形成的原因采用从整体至局部按树枝状逐渐细化分析的方法,它通过分析系统的薄弱环节和完成系统的最优化来实现对机械设备故障的预测和诊断。模糊

诊断法是建立在模糊数学基础上的,它利用症状向量隶属度和模糊关系矩阵求故障原因向量隶属度,故障原因隶属度就反映了造成机器故障原因的多重性和它们的主次关系程度,从而可以减少许多不确定因素给诊断工作带来的困难。专家系统是人工智能的一个重要分支,是一种以知识为基础的智能化的计算机程序系统,为计算机辅助诊断的高级阶段,研制专家系统是故障诊断技术的必然发展趋势。人工神经网络基于神经学研究的最新成果,是对人脑某些基本特征的简单数学模拟,它具有对故障的联想记忆、模式匹配和相似归纳能力,以实现故障和征兆之间复杂的非线性映射关系^[5]。这些方法在机械故障诊断领域的应用研究正蓬勃兴起,但尚处于发展和不断完善的过程中,将使机械设备状态监测朝系统化和智能化方向发展。

随着计算机网络化的飞速发展,人们共享资源和远程交换数据成为可能。利用光纤光缆、微波、无线通信及计算机网络等通信方式,将故障诊断系统与数字信号系统结合起来组成网络,从而实现对多台机组的有效管理,减少监测设备的投资,提高系统的利用率,因而网络化将是发展趋势之一。

随着知识经济的来临,世界经济的全球化和一体化,人类对环境的要求越来越高。这对机械设备状态监测和故障诊断技术的要求也越来越高,不仅要满足实现诊断性能的要求,还要满足有利于保护环境、节约能源、节省资源、使用简单可靠的要求。这使得机械设备状态监测和故障诊断技术将朝着与环境相协调的方向发展。

随着我国改革开放的深入,国民经济和科学技术的发展,我国机械设备状态监测和故障诊断技术将会不断完善,一定会在不久的将来步入世界先进行列。

参考文献

- 1 黄文虎. 不断总结经验将我国设备监测与诊断技术提高到新的水平. 中国设备管理, 1998, 11: 3~ 5
- 2 杨明忠. 摩擦学设计基础. 北京: 机械工业出版社, 1990.
- 3 廖伯瑜. 机械故障诊断基础. 北京: 冶金工业出版社, 1994.
- 4 杜金凤, 高鹏程. 液控系统故障诊断技术. 机械制造, 1999, 11: 39~ 40
- 5 裴峻峰, 杨其俊. 机械故障诊断技术. 北京: 石油大学出版社, 1996.
- 6 陈进. 机械设备振动监测及故障诊断. 上海: 上海交通大学出版社, 1999.
- 7 陆建湖, 黄文, 毛汉领. 机械设备振动监测与故障诊断的发展与展望. 仪器仪表与分析监测, 1999, 1: 1~ 4
- 8 徐敏. 设备故障诊断手册—机械设备状态监测和故障诊断. 西安: 西安交通大学出版社, 1998.
- 9 P W Hills. Vibration-based Condition Monitoring—the Learning Issue. Insight, 1996, 38(8): 576~ 579
- 10 S J Rothberg and N A Halliwell. Vibration Measurements on Rotating Machinery Using Laser Doppler Velocimeter. Trans ANSE J of Vibration and Acoustics, 1994, 116(3): 326~ 331
- 11 李国华, 张永忠. 机械故障诊断. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- 12 蒋凤阳. 浅谈设备诊断的重要手段—无损检测技术. 设备管理与维修, 1993, 2: 26~ 27
- 13 A Khalid. Review of the NDT Market and Performance of NDT Companies Operating in the UK. Insight, 1999, 41(4): 232~ 242
- 14 聂海峰. 状态监测方法. 机械制造, 1999, 7: 9~ 10

The Usual Methods of Fault Diagnosis and Monitoring for Mechanical Equipment and Its Development Trend

Wang Lin

Abstract The fault diagnosis and monitoring technology of mechanical equipment are very important in modern industry. In this paper, the basic process and principle of fault diagnosis are introduced and four usual methods of fault monitoring are analyzed. At last, the development trend of mechanical fault diagnosis and monitoring methods are looked forward.

Key words mechanical equipment; fault diagnosis; fault monitoring

Wang lin Master of Engineering, College of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan Automotive Polytechnic University, Wuhan 430070, China.