

机泵群实时监测网络和故障诊断专家系统

高金吉

(北京化工大学 工业装备诊断工程研究中心, 北京 100029)

[摘要] 应用现代信息技术和人工智能实施设备诊断工程, 逐步实现状态维修和预知维修, 是大型流程工业企业降低生产成本的重要途径之一。概要介绍为实现这一目标所开发的机电装备实时监测网络和人工智能诊断技术。简要介绍了基于 Ethernet 和 FDDI 开发、应用于石化企业的机、泵群实时监测网络; 首次提出了黑灰白集合筛选法, 在一次原因分析法和故障机理及其识别特征研究基础上, 应用此方法开发的基于黑灰白集合筛选法的机械故障诊断专家系统, 用于工程实践取得了满意的结果。

[关键词] 设备诊断工程; 实时监测网络; 人工智能诊断; 一次原因分析法; 黑灰白集合; 筛选法

1 设备诊断工程及其发展趋势^[1,2]

设备诊断工程 (PDE) 包括机电装备运行状态和工况监测、故障诊断和预测、维修决策、优化操作、指导改进机器及其设计等在工业企业实施的全过程, 近年来在我国得到发展和应用。应用现代信息技术和人工智能, 充分挖掘信息和知识资源, 逐步改进机电装备的维修方式, 从事后维修 (BM) 和定时维修 (TBM) 过渡到状态维修 (CBM) 和预知维修 (PdM), 是石化、冶金、电力等流程工业杜绝事故、减少故障、降低生产成本的重要途径之一。近年来, 在我国一些企业实施设备诊断工程已取得显著成效, 其措施和效果见表 1。

设备诊断工程不仅采用传统的对损坏的设备进行失效分析的方法 (相当于医学验尸查病因), 而且要将运行中的工业装备看作“活机器”, 它时时刻刻在“说话”——发出信息, 对其中的故障征兆信息进行采集、处理、分析, 并对故障进行诊断、预测, 从而查清故障原因并采取修复、预防、改进的对策。设备诊断技术正在成为信息、监控、通信、计算机和人工智能集成技术, 并逐步发展成为

一个多学科交叉的新学科。近年来, 已由单纯的设备故障诊断 (PFD) 发展为设备诊断工程, 而且今后可能发展成为设备医工程 (PMD)。显然, 设备诊断工程比传统的失效分析更有利于对故障的超前预防, 二者兼用之, 更便于对设备消息治本。

表 1 实施设备诊断工程的措施和效果

Table 1 Objective and measures of PDE

序号	措施	效果
1	早期探测故障征兆, 及时报警采取应急对策	杜绝事故, 减少故障停机损失和非计划停机检修
2	长期监测机器状态、工况, 据此安排检修计划	实行状态检修, 减少检修次数, 缩短检修时间
3	探测出机器异常原因、缺陷部位, 尽早确定检修项目, 超前准备	防止过剩维修, 减少停车检修中的等待时间, 减少备件、备台储备
4	改进装备, 消除瓶颈, 提高系统可靠度和功能可利用性	延长装置的运转周期
5	监测异常工艺参数, 及时调整	指导优化操作, 节能降耗
6	根据监测诊断资料, 对在用装备评价	指导装备选型、采购和设计改进

[收稿日期] 2001-03-25; **修回日期** 2001-05-03

[作者简介] 高金吉 (1942-), 男, 辽宁本溪市人, 中国工程院院士, 工学博士, 中国石油辽阳石化分公司教授级高工, 北京化工大学教授, 博士生导师

设备诊断工程学研究的主要方向和内容见图

1。

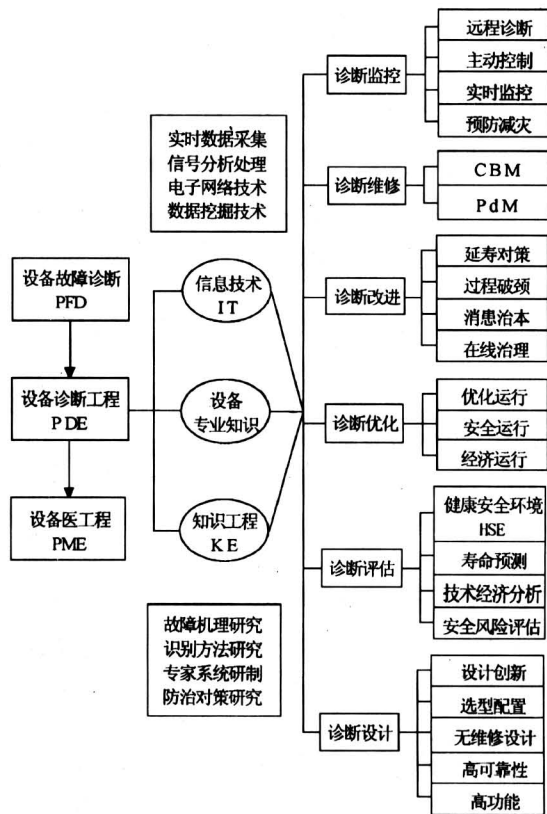


图1 设备诊断工程研究的主要内容

Fig.1 The research field of PDE

2 RM-NT 实时监测网络^[1,2]

实时采集机泵群工况、状态信息是进行监测诊断的前提。辽阳石化开发的实时监测网络，通过传感器群对关键和重要的机、泵进行监测，通过FDI光纤信息高速公路将MDC监测诊断中心与DMS2000集散监测系统和所有其它在线的监测系统相连，形成一个监测辽阳石化全公司的局域网(LAN)，特别适用于流程工业企业的机、泵群监测。RM-NT实时监测网络和监测站如图2所示。

2.1 实时监测网络RM-NT总体结构

RM-NT实时监测网络由4站1中心组成：

- DAS数据采集站 直接接收来自现场传感器的各种信号；

- MOS2201监测和操作站 在控制室供操作工使用；

- ADS2202分析和诊断站 在控制室供工程师

使用；

- MDS2301监测和诊断站 在设备科供工程师和管理人员使用；

- MDC监测诊断中心 在辽阳石化机械技术研究所供工程师、专家和高级管理人员使用。

2.2 RM-NT实时监测网络的特点

1) 容量大，应用先进的Ethernet网络最多可以连接128个DAS，每个DAS可选择8、16、32、64个通道，总共可以监测8192个通道，近百台机器。

2) 状态和工况同时监测。

3) 数据采集速度快，通过网络可以实现远传。DAS主体部件由美国RTD公司开发的PC104构成，具有低能耗、高可靠度等优点，其采样速率为200~500kHz，通过Ethernet网络传递速度为10Mb/s，通过FDDI为100Mb/s。

4) 容易扩展，它可以与集散控制系统(DCS)、可编程控制系统(PLC)、紧急停车系统(ESD)相连。在辽阳石化运行的DMS2000已与美国Honeywell的TDC3000连接。

5) 多种报警功能，报警信号不仅仅是全频振幅值，还包括有分频趋势、转速、间隙电压、轴心位置和多种工艺参数等。

6) 人工智能分析和诊断，不仅能分析许多旋转机械故障，而且可以进行工况过程分析，诸如提供蒸汽消耗、内效率及其变化趋势、喘振线及工作点等。

7) 方便用户的软件，人机对话界面友好。

8) 可在防爆和苛刻工作条件下工作，防爆等级PIIT4，在氢气环境下也能安全工作。

2.3 工程应用

1995年10月以来在辽阳石化制氢、加氢装置上安装使用的DMS2000，监测透平离心压缩机组、往复压缩机、泵等9台机组的212个通道，一直平稳运行至今，并成功诊断了多起故障：

1) 监测压缩机活塞杆下沉，适时更换活塞环在往复压缩机活塞杆下装有涡流探头监测其下沉量，用以推断活塞环磨损状况。1996年2月10日，在DMS2000上发现新的氢压缩机三级缸活塞杆下沉量有所增大，到2月18日下沉量已达0.17mm，且下沉速度很快，当即决定停机。解体后发现活塞环已多处碎裂，若继续运转下去将导致活塞和缸套损坏，由于实时监测而避免了一起事故发生。

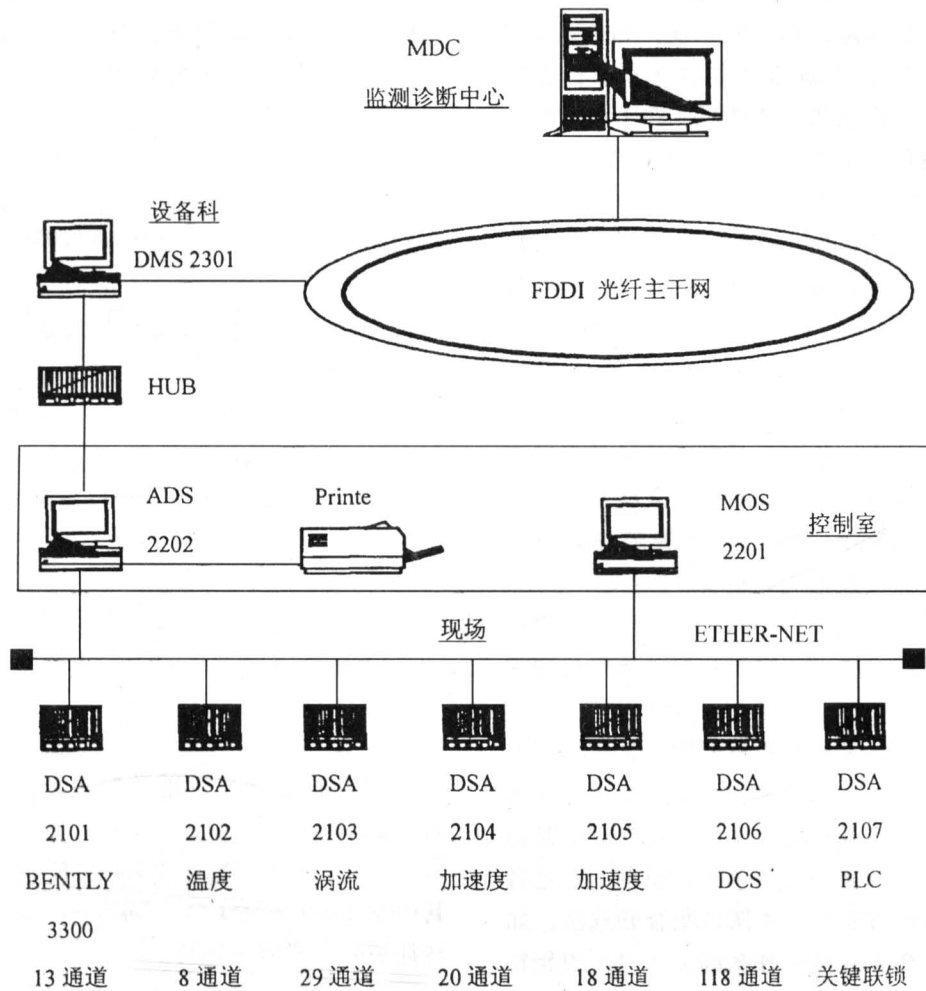


图 2 实时监测网络 RM-NT 中的一个监测站示意图

Fig.2 Topologic drawing of a workstation used in RM-NT

2) 实时监测，确保机组在最佳工作状态运行
加氢进料泵和循环泵为多级离心泵，当流量小于某一特定值时，泵体和管线就会出现剧烈振动。操作人员在调整泵流量时，在检测室内观测泵振动趋势记录，确保流量在最小值以上，避免了泵在危险状态下运行。

3) 及时发现故障，防止事故发生 1997 年 3 月 15 日，室内操作人员发现氢气压缩机振动由 0.55 g 突然增大到 4.89 g，立即通知外操作现场，发现该机振动剧烈，立即停机。检查发现三级缸填料环严重磨损，造成大量氢气漏入中间接筒，压缩机由于排量和受力不均引起剧烈振动。由于处理及时，避免了一起由于氢气大量外泄造成的恶性事故。

近年来将烯烃厂裂解车间三台离心压缩机组、

尼龙厂大电机等也纳入了实时监测网络。

3 大型机组振动故障的人工智能诊断

3.1 最佳诊断方法的探讨

振动是表征机器运行状态最敏感的征兆参数，故障诊断是据征兆参数来探求故障原因的逆过程。征兆参数与故障原因并非一一对应，是多果（征兆参数）和多因（故障原因）的复杂关系，因此，多年来人们寻求许多方法用以诊断机械振动故障^[3]，如概率统计法、时间序列诊断法、应用灰色理论及模糊理论诊断法、故障树诊断法、神经网络诊断法以及基于上述方法的故障诊断专家系统。上述方法大部分是建立在统计和专家经验基础上的，也有部分是理论分析和实验研究结果，在诊断常见和多发故障场合取得一定效果。模糊诊断采用隶属度（百

分数), 而灰色诊断采用关联度(百分数)。国际上一些商品化的机械故障诊断专家系统, 如美国CSI公司的NCPECTR II 诊断结果常常是多个相近的百分数。这些方法提供的诊断结果, 在工程实践中是很难采取对策的, 因为对于多个百分数的可能, 即使仅有5%的可能原因, 也无法排除, 常常使工程技术人员束手无策。而且这些百分数大多数来自统计和专家经验, 在此基础上即使计算方法再好, 得出的结论精确到小数点后几位, 也与实际不符, 因为最终验证的结果要么为“是”(100%), 要么为“不是”(0)。

医学界普遍认为, 临床医学在医学科学发展中占有极其重要的地位, 大多疾病及其症状是在大量临床实践中首先发现的^[4]。对机械故障诊断技术的研究, 现场工程实践也同样重要。

自1979年以来的20多年间, 辽阳石化在机械故障诊断工程实践基础上认真研究振动故障机理和识别特征并对其进行科学分类, 研究其对应关系, 发现大部分故障征兆参数与故障原因有比较明确对应关系, 并可以用振动理论和转子动力学理论去解释。由此可见, 故障与原因之间的关系大部分是白色的、明了的, 仅少部分是灰色的、模糊的。笔者提出一种新的诊断方法——黑灰白集合筛选法, 如图3所示。即在研究故障机理基础上, 找出识别特征作为判据(a, b, ...), 对全部故障可能原因集(Ω_0)逐一进行判别, 凡不具备此特征的为黑集(N), 具备此特征的为白集(Y), 而不清楚其具备此特征与否的称为灰集(G)。这样可以应用判据去掉黑集(N), 余下白集(Y)和灰集(G)作为新的全集(Ω_1), 用上述方法多次筛选直至得到满意结果。随着对机械振动故障机理的深入研究和工程实践反复验证, 灰集会越来越少, 白化程度越来越高, 诊断的结果会更科学、更实用。

应用好黑灰白集合筛选方法, 关键在于找出能将故障原因分类的识别特征即判据, 并应用这些判据, 逐步排除黑集, 尽可能减少灰集, 使故障原因大白于天下。

3.2 振动故障机理及识别特征研究^[5]

机械振动故障往往是多因多果, 一种征兆可能反映多种故障, 一种故障可能产生多种征兆。工厂机械故障诊断实践一般是根据果——故障的征兆信息(如频率、转子轨迹、相位变化等)去探因——故障的原因, 即可能是机器零件缺陷、机器部

件或系统(例如轴系)的问题、机器零部件间或与流体(汽、气、润滑油、工艺介质等)、电磁间相互关系的不协调以及外界干扰等等。

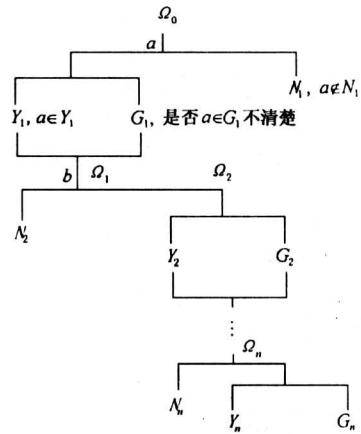


图3 黑灰白集合筛选法示意图

Fig.3 Diagram of the black-gray-white gathering diagnosis method

旋转机械响应、激励和系统动力特性三者关系为

$$\bar{X} = Z(\omega)^{-1} \bar{F}$$

其中 $Z(\omega) = (k - \omega^2 m) + j\omega c$ 为动力系统的特征矩阵, 或阻抗矩阵。

从上式可见, 旋转机械响应 \bar{X} (振幅、频率 ω 、相位) 产生于激励 \bar{F} (力、位移) 和系统动力特性 $Z(\omega)$ (刚度 k 、阻尼 c 、质量 m) 的变化。振动故障诊断就是由响应探求故障原因——激励和/或刚度、阻尼、质量的变化逆过程。在工程上, 通常是对响应即振动进行测量和信号处理提取征兆参数, 以此作为故障诊断的识别特征。为了找出识别特征即故障原因, 从而得到黑灰白集合筛选的判据, 笔者提出如下方法, 有可能使灰色白化。

3.2.1 振动故障一次原因分析法及其分类

振动故障一次原因是指产生振动响应的直接原因, 其本身是产生激励或是直接使旋转机械系统的刚度、质量、阻尼等系统动力特性发生变化的原因, 不包括可能引起直接原因的其它原因 称为二次、三次原因。如机壳扭曲、基础不均匀沉降、配管应力等不列入一次原因, 因它们可能是引起对中不良、轴承偏心、磨碰等一次原因的二次、三次原因。

在研究故障机理基础上, 将转子自身、轴系与

定子(支承)分开;将转子与定子之间不同相互作用分开(电磁力、摩擦、流体动力激励),将零部件与机器整体分开。这是由于每类故障一次原因具有共性易于判别和区分,另外如能确定为某类一次原因,工程上也好处理,如肯定为定子支承问题,则不必打开机盖,仅检查轴承即可。

机械振动故障一次原因归纳为10类56种,如表2所示。

表2 旋转机械故障一次原因分类表

Table 2 Classification of the first reasons of faults in rotating machinery

类别	故障一次原因
1. 转子自身	1. 转子质量偏心 2. 轴永久性弯曲 3. 轴暂时性弯曲 4. 轴裂纹 5. 轴弯曲刚度不对称 6. 转子上部件松动 7. 浮环失浮 8. 转子轴内摩擦 9. 液体陷入转子内部激振
2. 轴系	10. 轴系不平衡 11. 角不对中 12. 联轴节误差 13. 弹性联轴节偏差 14. 轴对中不良 15. 联轴节精度过低或损伤
3. 支承系统	16. 轴承偏心 17. 径向轴承损伤 18. 支撑松动 19. 轴承支撑刚度垂直水平不等 20. 油膜涡动 21. 油膜振荡 22. 轴瓦与轴承预紧力不足 23. 可倾瓦错位 24. 轴承箱未充分预紧 25. 径向轴承间隙过大
4. 电磁力	26. 电机转子断条 27. 静气隙偏心 28. 动气隙偏心 29. 轴磁化 30. 感应电机转子偏心 31. 感应电机转子短路 32. 电气问题
5. 摩擦	33. 转子与定子干摩擦(反动动) 34. 转子与定子轴向局部干摩擦 35. 转子与定子摩擦 36. 干涡动
6. 流体动力	37. 轴流机叶轮偏心 38. 隔板倾斜 39. 叶片激振 40. 油封受激振动 41. 偏隙 42. 透平不均匀进气 43. 喘振 44. 旋转失速
7. 临界	45. 转子轴承系统临界 46. 联轴节临界 47. 悬臂临界
8. 共振	48. 结构共振 49. 倍频谐波共振 50. 次谐波共振 51. 共振涡动
9. 部件	52. 皮带偏拉力 53. 齿轮偏心 54. 滚动轴承缺陷 55. 齿轮缺陷
10. 其他	56. 临近振源影响

3.2.2 振动的主导频率判别法及其分类

振动的频率特征是故障诊断的最有效识别特征。振动的主导频率一般是指在谱频分析中最大或变化率最大的频率成分,振动主导频率作为响应的特征之一与激励和系统动力特性二者均有果因关系。因此,找出振动响应的主导频率在有些场合可以确定故障一次原因的大致类别。

在旋转机械场合,由于激励和系统动力特性一般与机器转速有关或随其变化而改变,因此振动主导频率往往与机器转速有关。

为了便于故障识别特征与其一次故障原因相对应,对旋转机械振动主导频率提出如下分类^[5,6]:

- 1) 精确分频振动;
- 2) 精确同频振动;
- 3) 精确倍频振动;
- 4) 分频滞后;
- 5) 同频滞后;
- 6) 倍频滞后;
- 7) 一般亚异步。

以上共分为3大类7种主导频率,与众不同的是将精确分频、同频和倍频与非精确分频、同频和倍频严格区分开来,因为二者在振动故障机理和一次原因上差异很大。后者即分频滞后、同频和倍频滞后,其振动频率总是小于精确分频、同频和倍频,并且与转速相关联,随转速变化而改变。归纳起来此类振动的明显特点如下:

1) 与流体激振有关,如气体旋转失速产生同频滞后,油膜涡动产生分频滞后等。

2) 与转子上零部件松动或轴承产生的滑差有关,转子上轮盘与轴过盈不足产生松动会引起同频滞后振动,振动频率追随转速变化。

3.2.3 振动故障一次原因与主导频率的关系

在研究振动故障一次原因和主导频率分类的基础上,对二者之间的对应关系进行了归纳总结,如表3所示。

根据表3,当测出机器主导频率时,就可以确定故障一次原因的类别,排除其余的类别。如主导频率为精确分频时,据表3可以判定,仅有4类一次故障原因,即支承系统、摩擦、流体动力激振、共振,可以排除其余6种故障类别、可以方便地使用黑灰白集筛选法(在此种情况无灰集,仅为黑、白集筛选)。

过去某些故障诊断方法往往是由经验总结和概率统计列出的特征参数与故障原因之间的关系,例如John Sohre所著Turbomachinery analysis and protection一文中归纳的表格Symptoms and distress manifestations,是国际上公认的比较权威的机械故障诊断用表,近30年它为国内外许多企业广泛应用,也被国内外许多专家、学者用作编制专家系统知识规则的依据。但是,由于该表中没有分清故障

一次原因和二次、三次原因，没有将精确分频、同频和倍频与分频、同频和倍频滞后的主导频率相区别，因此所列表格无明确的对应关系，只好用概率

百分数表示诸多可能，这就使得故障诊断时原因和征兆之关系变得模糊，变成灰色了。

表3 旋转机械振动故障主导频率及故障原因对应表

Table 3 Relationship between main frequency and direct reasons of vibration faults in rotating machinery

故障类别	精确分频、同频和倍频振动			非精确分频、同频和倍频振动			
	(1/2~1/n) 分频	(精确1倍) 同频	(2~n) 倍频	一般亚异步	分频滞后	同频滞后	倍频滞后
故障特征	转子自转(2~n)周发生一次涡动	转子自转一周发生一次振动	转子自转一周振动(2~n)次	振动频率小于转子转动频率但无规律的为第一临界	振动频率总是略低于分频	振动频率总是略低于同频	振动频率总是略低于某倍频
故障机理	在非线性系统中激励出的切向力使转子产生涡动	离心力引起的旋转矢量激振力过大,或是每转一周产生一次交变力	转子自转一周受(2~n)次交变力	转子内磨擦或转子内部积液	流体激振油膜涡动,油膜振荡	转子的部件松动,旋转失速	滑差引起
故障直接原因类别	支承系统,摩擦,流体动力,共振	转子自身,轴系(预负荷),支承系统,电磁力,摩擦,流体动力,临界转速(仅同频),共振,部件,其他		转子自身,流体动力	支承系统,流体动力	转子自身,流体动力	部件

3.2.4 黑灰白集合进一步筛选判据的研究

为了确定故障一次原因到底是哪一类，进而查明是该类中的哪一种或几种原因，还需要研究出更多的识别特征或称判据，例如可采用如下多种途径寻求更多判据：

- 1) 振动方向；
- 2) 振动稳定性；
- 3) 振动相位特性；
- 4) 转子轨迹；
- 5) 振动随转速的变化；
- 6) 振动随油温的变化；
- 7) 振动随负荷的变化；
- 8) 与其它振动的区别方法。

可以用上述诸项去进一步判别故障一次原因。当然有些不能简单回答黑(N)或白(Y)，可能要存在灰(G)，因为对故障机理研究得还不够深入或是故障原因与征兆本身就存在复杂交叉关系，还有的是量的变化(程度)不好截然区分，这正是推荐采用黑灰白集合筛选法的原因所在。根据筛选提出的一次原因还可以进一步查找二次、三次原

因，即设计制造、安装维修、运行操作和机器劣化等方面的原因。这些原因以及上述判据经多年研究均已列出许多表格，作为研制人工智能诊断程序的依据^[6,7]。

3.3 基于黑灰白集合筛选法的机械故障诊断专家系统^[8,9]

在上述黑灰白集合筛选法和判据研究的基础上，通过建立多征兆和多故障一次原因故障树，采用黑灰白集合矩阵判别筛选法开发出机械故障诊断专家系统。应用黑灰白集合理论，采用判据对故障一次原因进行黑灰白集合判别筛选过程见表4。

旋转机械故障诊断专家系统总体框架，实际上是一种故障树结构，如图4所示，其诊断过程是以人机对话形式采用人工智能矩阵判别筛选法完成的。

该专家系统由6个层次构成：

第I层 机器类型及测试方式 采用选择方式输入主机名称、驱动机、联接方式、密封形式、测试传感器配置等。程序可据此采用矩阵判别法来决定一次故障原因和程序判据取舍。

表 4 黑灰白集合筛选法程序表
Table 4 Process of black-gray-white gathering sieving method

原因		R_1	R_2	...	R_n
判据 1	Y	1	0		1
	N	0	0		0
	G	0	1		0
判据 2	Y	0	1		0
	N	0	0		1
	G	1	0		0
判据 3	Y	1	0		
	N	0	1		
	G	0	0		
结论		1	0		0

断二者同时进行。初步诊断是按振动趋势及其随转速、负荷等变化规律来初步判别，一般难以得出一二种可能的故障原因。

第 III 层 由主导征兆频率确定故障原因类别 用判据筛选出一类或几类故障类别，排除其余类。

第 IV 层 由诸故障原因类中确定一类 同一主导频率可能有几种至十种故障原因类，如同频振动就有可能有十类故障原因，由规则来判别其可能的故障类。

第 V 层 由故障原因类确定故障一次原因

第 VI 层 由故障一次原因查找故障二次原因 由于采用了科学的判据和黑灰白集合筛选法，逐步、尽可能多地排除了不可能原因，得出真正的原因和个别暂时难以排除的原因。由得出的故障一次原因可以查得引起这些一次原因的故障二次原因，诸如设计制造、安装维修、运行操作、机器劣化等问题及防治对策，可以较好地指导工程实践。

4 结语

现代信息技术和人工智能的开发和应用为设备诊断工程提供了广阔的发展前景。

RM-NT 实时监测网络使“信息跑代替了人跑”，并可以通过 Internet 网实现远程诊断，充分发挥机械故障诊断专家的作用及时为企业、为现场服务。

随着对故障机理的深入研究和工程实践的验证，一次原因分析法和黑灰白集合筛选法会越来越显示其优势，会更广泛应用于故障人工智能诊断的各个领域。本文介绍的基于黑灰白集合筛选法的机械故障诊断专家系统正在国内十几个大企业应用，取得显著成效。

参考文献

[1] Gao Jinji. New progress in plant diagnosis engineering-distributed monitoring system and remote diagnosis system [A]. The Proceedings of the International Conference on Plant Engineering Guangzhou '97 [C], China Machine Press, 1997. 53~59

[2] 高金吉. 设备诊断工程与集散监测系统 [J]. 石油化工设备技术, 1996, 17(3): 11~14

[3] 钟秉林, 黄仁. 机械故障诊断学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998

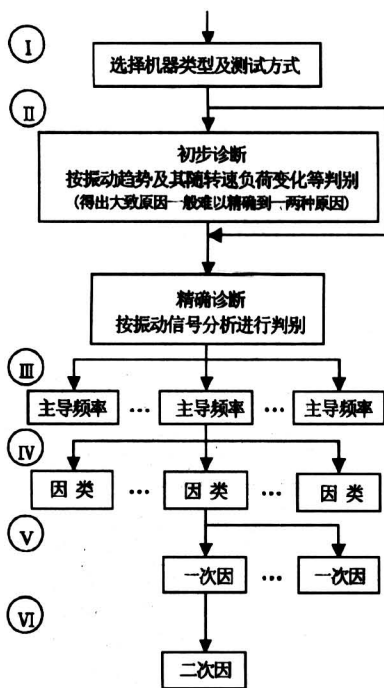


图 4 基于黑灰白集合筛选法的旋转机械故障诊断专家系统总体框架

Fig.4 Overall frame of black-gray-white gathering sieving method for FDES

第 II 层 初步诊断和精确诊断 在没有频谱分析的简单测试场合只能采用初步诊断，如有振动分析可以单独选用精确诊断或者是初步诊断和精确诊

与安全问题, 等等。这些要求我们对虚拟企业的管理观念和手段都应有一定程度的超前意识, 以充分发挥其对经济增长的积极作用, 避免和抑止其消极作用。

Virtual Corporation Is a New Form of Enterprise for Knowledge Economy

Li Xin, Li Ji

(Sail Group, Baoding, Hebei 071057, China)

[Abstract] This paper tries to use the theory of modern management to analyze virtual corporation, the new form of enterprises in the era of knowledge economy, including its emergence and development, its type and characteristics as well as its superiority over traditional enterprise. The authors put forward their opinion on how to accelerate the virtual corporation in China.

[Key words] knowledge economy; virtual corporation; new form of enterprise

(上接第 47 页)

- | | |
|--|---|
| <p>[4] 陆志刚, 胡盛麟, 康玉唐, 等. 医学导论 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999</p> <p>[5] 高金吉. 旋转机械振动故障原因及识别特征研究 [J]. 振动、测试与诊断, 1995, 15 (3): 1~8</p> <p>[6] 高金吉. 高速涡轮机械振动故障机理及诊断方法研究 [D]. 清华大学力学系, 1993</p> <p>[7] 高金吉. 旋转机械同频振动故障机理及识别</p> | <p>(上)/(下) [J]. 振动与冲击, 1993, 12 (4): 42~49 / 1994, 13 (4): 27~32</p> <p>[8] 高金吉. 基于矩阵判别筛选法的机械故障诊断专家系统 [A]. 第五届全国机械设备故障诊断学术会议论文集 [C]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996</p> <p>[9] Gao Jinji. A fault diagnosis and maintenance expert system for rotating machinery [A]. EVROMAITE-NANCE '98 Proceedings [C], 1998. 247~254</p> |
|--|---|

A Real-time Monitoring Network and Fault Diagnosis Expert System for Compressors and Pumps

Gao Jinji

(Beijing University of Chemical Technology, Plant Diagnosis
Engineering Research Center, Beijing 100029, China)

[Abstract] Using modern information technology and artificial intelligence to achieve the condition based maintenance and predictive maintenance is one of the important ways to reduce the production cost in the process industries. The real-time monitoring network and artificial intelligent diagnosis technology for mechanical-electric plant was outlined in this paper. The Ethernet and FDDI based real-time monitoring network developed for compressors and pumps in petrochemical plants was introduced briefly. The black-gray-white gathering diagnosis method was given for the first time on the bases of approach to fault mechanism and distinctive symptoms. The mechanical fault diagnosis expert system based on black-gray-white gathering distinguishing sieve method developed in this work yields satisfactory results in the engineering practice.

[Key words] plant diagnosis engineering; real-time monitoring network; artificial intelligent diagnosis; first reason analysis method; black-gray-white gathering; sieving method