

设备诊断实施技术丛书

油液分析诊断技术

李柱国 编著

القطار



上海科学技术文献出版社

责任编辑：方虹

封面设计：石亦义

ISBN 7-5439-0943-X



9 787543 909434 >

ISBN 7-5439-0943-X/T · 438

定价：11.50元



设备诊断实施技术丛书

油液分析诊断技术

李柱国 编著

上海科学技术文献出版社

责任编辑：方 虹

封面设计：石亦义

设备诊断实施技术丛书
油 液 分 析 诊 断 技 术

李柱国 编著

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

上海科技文献出版社昆山联营厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 8.5 字数 200 000

1997年1月第1版 1997年1月第1次印刷

印数：1—1 000

ISBN 7-5439-0943-x/T·438

定 价：11.50 元

《设备诊断实施技术丛书》编委会

主任委员：朱林生

副主任委员：沈一飞

主 编：佟德纯

委 员：(以姓氏笔划为序)

王 大 义	叶 万 水	石 来 德
华 占 秀	孙 雪 麟	李 柱 国
陈 兆 能	何 维 亨	吴 震 球
单 怀 俊	杨 建 珍	萨 本 佑
葛 修 鑫	蔡 正	

前 言

高速发展的现代科技和社会消费,要求工业产品的性能和质量都要达到前所未有的高标准,这首先要依赖于工业生产设备的高精密度、高完善度和高可靠度。因此,现代工业中,对各种生产设备的管理显得尤为重要,越来越引起企业家和工程技术的重视。这不仅因为生产设备的失效或精度的下降都要付出昂贵的代价,而且单靠人的经验去分析判断已十分困难。现代的设备服务于设备终生的管理中,包括设备运行、状态监测、故障诊断、趋势预报、决策维修等,所采用的技术手段及分析方法有几十种之多,并向着智能化、综合化和网络化发展,全面更新了原有的管理概念。高级精密的设备监测、诊断、分析仪器及高水准的管理技术人员,已成为现代化企业不可缺少的重要成员。

我国政府的有关部门将设备状态监测和故障诊断工作的要求纳入了《国营工业交通设备管理条例》之中,明确规定:“要根据生产需要,逐步采用现代故障诊断和状态监测技术、发展以状态监测为基础的预防维修体制”。把设备诊断技术列入了企业管理法规,并指出了设备诊断技术要为维修体制改革和设备现代化管理服务。

设备状态监测与故障诊断是设备诊断中的两个过程,两者既有密切联系又有区别。设备状态监测是指对设备某些参数(如振动、噪声、温度等)进行测取,将测定值与规定的正常值(门限值)进行比较,以判别设备的工作状态是否正常。若对设备进行定期或连续监测便可获得设备状态变化的趋势性规律,进而对

设备剩余的寿命作出估计,于是便可对设备状态进行预测、预报。状态监测又称为简易诊断,只要恰当选择监测参数、测点以及监测周期等,一般都能取得良好的效果,这种初级诊断适于现场作业人员实施。而对设备产生故障的原因、部位和严重程度作出判断,为设备优化管理决策提供依据,称为精密诊断,则由专门技术人员实施。

设备诊断技术属于信息论范畴,因此它包括信号的采集、信号的分析处理(数据处理)和状态识别(包括判断和预报)三个基本环节。然而,信息技术不等于诊断技术。从事设备诊断的技术人员必须具备有关设备及零部件工作机理方面的知识,以及用于诊断和仪器设备或分析系统的有关知识。由于诊断及手段越来越发展,有关知识面也越来越广阔。现在以设备物理参数分类的常用设备状态诊断方法大致有以下几种:

(1) 振动诊断:以机械振动、冲击、机械导纳以及模态参数为检测目标。

(2) 声学诊断:以噪声(声压和声强)、声阻、超声、声发射为检测目标。

(3) 温度诊断:以温度、温差、温度场、热象为检测目标。

(4) 污染诊断:以泄漏、残留物、气体、液体、固体磨粒成分变化为检测目标。

(5) 光学诊断:以亮度、光谱和各种射线效应为检测目标。

(6) 性能趋向诊断:以机械设备各种主要性能指标为检测目标。

(7) 强度诊断:以力、应力、扭矩力为检测目标。

(8) 压力诊断:以压力、压差以及压力脉动为检测目标。

(9) 电参数诊断:以电流、电压、电阻、功率等电信号及磁性为检测目标(包括对钢丝绳以电磁特性为检测目标的检测)。

(10) 表面形貌诊断:以变形、裂纹、斑点、凹坑、色泽等为检测目标。

由上海市设备管理协会主持,邀请了多年来从事设备诊断技术工作及研究工作的专家,编写一套《设备诊断实施技术丛书》。丛书分批推出,各分册以设备状态中不同物理参数和设备类别为专题,介绍诊断信号的获取、分析、计算等的方法及原理,以及它们的检测标准,并辅以使用的各种诊断仪器方面的基本知识和实际操作步骤,供企业设备诊断技术人员和管理人员在工作中作技术指导用书。对处于工作状态的设备进行诊断,不仅是与看不见的东西打交道,而且因为自身因素及环境因素的复杂,有极大的可变动性,人们必须依赖科学的方法和数学推理作出判断。技术人员只有熟知推导过程,才能准确、合理地使用诊断仪器显示系统提供的结论,最终达到对设备进行准确诊断的目的,并能不断适应更新的科学仪器为他们提供的诊断方法。为此,丛书将各种数学推导也作基本介绍,但不多也不深,如要作进一步深入研究,可以求助于许多已经出版的相应科目的理论专著。

设备诊断是一门新兴的边缘学科,同时也是发展迅速的学科。丛书将根据该领域内新技术新方法应用的出现,不断推出新的分册。希望这套书能成为技术人员和管理人员得力助手,不负全体编写人员的初衷和他们的辛勤笔耕。

典型磨粒图



a. 正常磨损磨粒



b. 切削磨粒



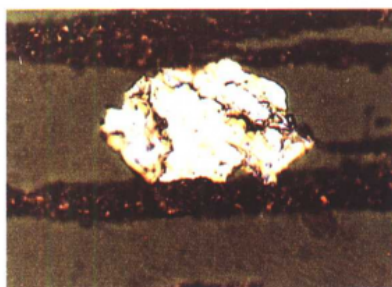
c. 滚动疲劳磨损磨粒



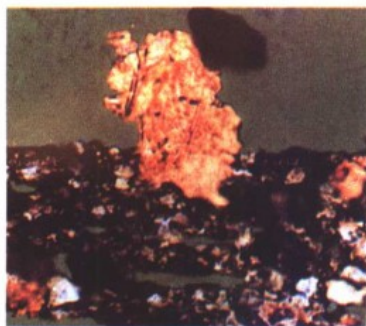
d. 滑滚磨损磨粒



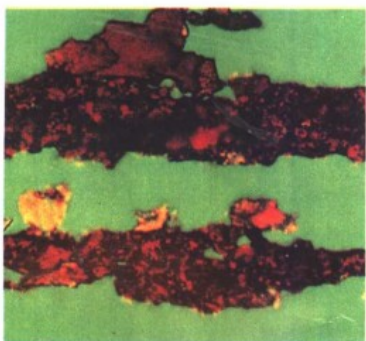
e. 严重滑动磨损磨粒



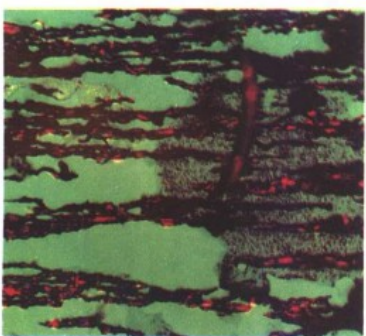
f. Al合金磨粒



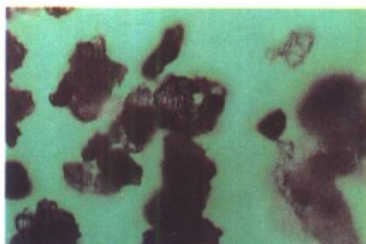
g. Cu合金磨粒



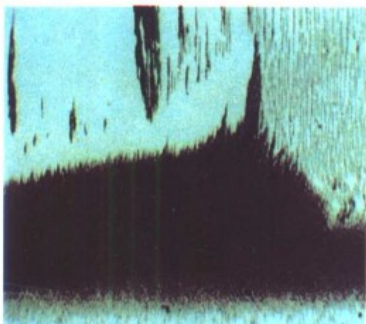
i. 铁红色氧化物磨粒



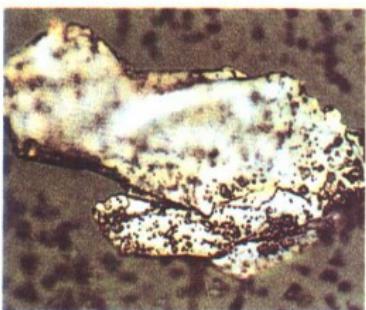
k. 摩擦聚合物磨粒



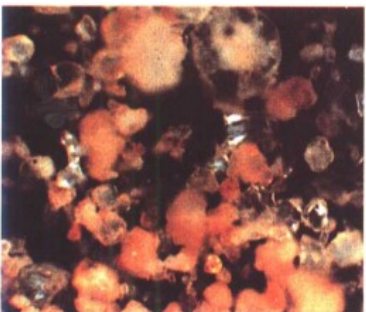
h. Su-P_b磨粒



j. 腐蚀磨损磨粒



l. 二硫化铋磨粒



m. 污染磨粒

目 录

绪论	1
第1章 摩擦学基础	9
§ 1.1 摩擦学概述	9
§ 1.2 金属表面特性	11
一、表面形貌	11
二、表面的结构和组成	15
三、金属表面的接触	16
§ 1.3 摩擦	18
一、摩擦的基本概念和分类	18
二、摩擦理论	19
三、影响摩擦系数的因素	22
§ 1.4 磨损	22
一、磨损的基本概念和分类	22
二、磨损机理	23
§ 1.5 润滑	29
一、流体润滑的基本概念和分类	29
二、润滑状态	30
三、润滑理论	32
§ 1.6 摩擦、磨损、润滑系统诊断技术	36
一、摩擦学系统分析	36
二、摩擦学系统的动态分析方法	36
三、摩擦学系统的诊断技术	38

第2章 润滑油及油品理化分析	40
§ 2.1 润滑油	40
一、润滑油的理化性能	46
二、润滑油的添加剂	50
三、发动机润滑油	55
四、齿轮润滑油	77
五、液压油	80
六、汽轮机润滑油	84
七、汽缸润滑油	90
八、压缩机润滑油	91
九、冷冻机润滑油	91
十、机械油	94
§ 2.2 油样理化分析	94
一、油料测试仪器工具箱	96
二、PCM 便携式污染监测仪	96
§ 2.3 润滑油污染度监测	98
一、颗粒数污染度监测	98
二、FT-IR 红外光谱技术污染度监测	101
第3章 油样分析铁谱技术	102
§ 3.1 铁谱技术的基本原理及铁谱仪	104
一、分析式铁谱仪及分析方法	104
二、直读式铁谱仪	111
三、旋转式铁谱仪	113
四、在线式铁谱仪	122
五、气动式铁谱仪	128
六、现场监测铁谱仪	129

§ 3.2 取样技术	129
一、取样准则	131
二、取样瓶	131
三、取样间隔时间	132
四、油样处理	133
§ 3.3 磨粒分析	134
一、磨损类型及磨粒相关性	134
二、磨粒	139
三、磨粒的识别特征及形成机理	145
四、铁谱片磨粒分析一般步骤	145
§ 3.4 提高铁谱分析可靠性的途径	151
一、合理确定制谱油样数量	151
二、提高磨粒均匀度	153
三、提高分析人员识别磨粒的能力	153
§ 3.5 铁谱技术在设备状态监测中的应用	154
一、建立磨损趋势线图	154
二、基准线、监督线和限止线的确定	155
 第 4 章 油液分析光谱技术.....	 158
§ 4.1 油液光谱分析的基本原理	159
§ 4.2 油液分析光谱分析仪	163
一、超谱 M 型油液分析直读光谱仪	163
二、MOA 型油液分析光谱仪	174
三、PLASMA 1000/2000 等离子体发射光谱仪	178
四、PLASMA 400 等离子体发射光谱仪	180
§ 4.3 油液光谱分析技术的应用	182
一、监测设备的运转工况,诊断零件磨损趋势	182

二、最佳磨合规范的确定	183
三、合理换油期的确定	183
四、摩擦学设计的应用	184
 第 5 章 机械设备状态监测、故障诊断和油样分析专家系 统	185
§ 5.1 专家系统的基本结构及其建立	185
§ 5.2 机械设备故障诊断专家系统	188
§ 5.3 ATLAS 3 ^c 专家系统简介	191
§ 5.4 EDMS 故障诊断专家系统简介	195
一、EDMS 的功效	196
二、EDMS 的结构	196
三、EDMS 的运行工作内容	196
四、EDMS 专家系统应用部门	198
 第 6 章 油样分析技术在机械设备状态监测故障诊断中的应用 实例	199
§ 6.1 内燃机轴承磨损失效过程的试验研究(实例 1)	199
§ 6.2 摩擦副配对材料耐磨性试验(实例 2)	203
§ 6.3 ND ₃ 机车柴油机架修磨合期的确定(实例 3) ...	205
§ 6.4 发电厂柴油机状态监测(实例 4)	209
§ 6.5 大型矿山设备状态监测及故障诊断(实例 5) ...	213
§ 6.6 铁路滚动轴承弹流润滑膜厚计算 G_K 系数的确定 (实例 6)	217
§ 6.7 港口机械设备铁谱分析的定量监测(实例 7) ...	221
§ 6.8 液压系统典型故障的诊断与状态监测(实例 8)...	225

§ 6.9	6L350 PN 船舶柴油机状态监测中活塞环咬死故障的早期预报(实例 9)	227
§ 6.10	蜗轮减速箱磨损状态监测(实例 10)	231
§ 6.11	汽车限速行驶状态发动机磨损趋势分析(实例 11)	234
§ 6.12	美航 B707 油液光谱分析监测(实例 12)	239
§ 6.13	日航采用油液光谱分析减少发动机维修撤换次数(实例 13)	240
§ 6.14	底特律发动机状态监测油液分析应用(实例 14)	241
附录	机械设备状态监测分析报告表示例	243
	参考文献	252

绪 论

机械设备状态监测与故障诊断技术是现代设备管理及设备维修的新技术。实践证明,随机监测和预知性维修比故障维修和定期维修制度更科学、更有效。它不仅能保障机械设备正常运转,降低设备的故障发生率,而且提高设备的可靠性和利用率,降低设备的维修费用。

现代机械设备状态监测的方法其发展趋势具有下列特点:

局部检测——→全局监测 (系统性)

单一方法——→综合方法 (相关性)

静态检测——→动态检测 (随机性)

事后诊断——→事前预防 (主动性)

失效分析——→全过程监控 (时变性)

鉴于机械设备运转过程中,客观上存在系统的相关性、时变性、随机性,因此,作为一种科学的机械设备管理体制及维修方法,不但应符合上述客观要求,而且应是积极、主动的设备管理思想。其关键就是用主动的“失效前行动”(预知维修)代替被动的“失效后行动”(故障维修)。显然,只有对机械设备进行全运转过程的动态监测,才可能及时发现设备运转的异常现象以及导致设备运转性能下降的潜在因素。进而借助于有针对性的校正措施,排除可能造成失效的根源。

机械设备状态监测的方式主要分为在线监测及离线监测。离线监测又包括现场的快速简易监测和实验室的全功能综合精密监测。

机械设备状态监测的技术主要有功能性监测诊断技术,振动噪声监测技术以及油液分析诊断技术。

油液分析诊断技术是近十几年迅速发展起来的用于机械设备状态监测的新技术,尤其在发动机、齿轮传动、轴承系统、液压系统等诸方面,该技术取得了显著的效益,获得了广泛的应用。目前在工业技术发达的国家中,油液分析诊断技术正在或已经成为机械设备状态监测及故障诊断的不可缺少的方法之一,占有重要的地位(见表 0-1)。

表 0-1 油液分析诊断技术的应用

应 用	监 测 设 备
飞 机	发动机、液压系统、传动系统、雷达系统
船 舶	柴油机、传动系统、起重设备、液压系统
机 车	柴油机、传动系统、液压操作系统
汽 车	发动机、传动系统、液压系统
石 化	柴油机、发电机、压缩机、鼓风机、挤压机
冶 金	传动系统、轧钢机、起重设备、传送机构
机 床	传动装置、液压系统、加工中心
电 力	气轮机、柴油机、蒸汽轮机、传动装置、变压器、液压系统,以及燃油控制

油液分析技术归纳起来有以下几方面:

1. 分析内容

- 油样中所含磨粒的数量、大小、形态、成分及其变化;
- 油品的衰化变质程度:氧化程度、硫化程度、硝化程度、聚合化程度、被污染程度,被燃油和水的稀释程度,以及添加剂成分的损耗程度等。

2. 分析功能

- 监测设备、诊断故障、失效分析、预测预防。提高设备使用