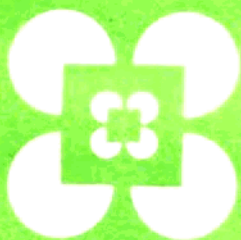


设备管理培训教材

设备监测与诊断技术

广东省设备管理培训中心

温继圆 林颖 姚国兴 编



华南理工大学出版社

内 容 提 要

本书系统地论述了设备状态监测和故障诊断的基础知识、常用的各种检测方法以及所用的测量仪器，同时还介绍了一些应用实例。

本书主要作为工矿企业设备管理人员和维修人员的培训教材，也可以供大学本科学生修读机械故障诊断技术课程使用。

设备管理培训教材 设备监测与诊断技术

温继圆 林 颖 姚国兴 编

责任编辑 梁文厚

华南理工大学出版社出版发行
(广州 五山)

广东韶关新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8 字数180千

1990年11月第1版 1990年11月第1次印刷

印数1—10 200

ISBN 7—5623—0210—3/TH·11

定价：3.80元

前 言

为了贯彻国务院1987年7月发布的《全民所有制工业交通企业设备管理条例》，在广东省经委的领导和华南理工大学及其管理工程系专家、教授的支持下，广东省设备培训中心于1989年7月18日成立。为了贯彻广东省经委粤经安〔1989〕248号文中关于对企业设备管理干部岗位培训、考核的通知，本中心将编写一套设备管理干部培训教材，包括：《设备管理条例讲解》、《设备管理应用经济法》、《设备综合管理学》、《设备监测与诊断技术》、《设备的润滑技术与管理》、《设备的维修技术》、《计算机在设备管理中的应用》（专题）等，以供设备管理干部培训之用。

本书主要介绍机械设备状态监测和故障诊断技术。全书分为两大部分。第一部分为一、二两章，介绍状态监测和故障诊断在设备状态管理中的作用以及有关的基础知识。第二部分共七章，介绍设备的各种检测方法。

本书主要作为工矿企业设备管理人员和维修人员的培训教材，也可以供大学本科学学生修读机械故障诊断技术课程使用。

本书由华南理工大学温继圆担任主编。参加编写的有温继圆（第一、二、三章）、林颖（第四、五、六、八章）、姚国兴（第七、九章）。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中如有错误或欠妥之处，尚望读者批评指正。

目 录

第一章 设备状态管理	(1)
§ 1-1 设备状态管理的目的和内容	(1)
§ 1-2 设备技术状态完好标准	(2)
§ 1-3 设备的检查	(8)
§ 1-4 设备状态监测	(14)
第二章 诊断技术基础	(18)
§ 2-1 故障的概念	(18)
§ 2-2 故障诊断技术	(19)
§ 2-3 诊断技术的应用范围	(21)
§ 2-4 故障树分析法	(23)
§ 2-5 信号分析技术	(24)
§ 2-6 故障趋势分析	(36)
第三章 振动检测法	(41)
§ 3-1 概述	(41)
§ 3-2 振动测试及仪器	(43)
§ 3-3 振动标准	(58)
§ 3-4 常见的设备故障及其特征	(63)
§ 3-5 滚动轴承的故障及其诊断	(65)
§ 3-6 齿轮故障及其诊断	(75)
§ 3-7 旋转机械的故障及其诊断	(90)
§ 3-8 振动频谱分析	(106)
第四章 油分析法	(112)
§ 4-1 磁塞检查法	(112)
§ 4-2 油光谱分析法	(115)

§ 4-3	油铁谱分析法	(117)
§ 4-4	三种油样分析方法的比较	(117)
§ 4-5	油铁谱分析装置	(119)
§ 4-6	铁谱诊断技术应用实例	(128)
第五章	温度检测法	(132)
§ 5-1	温标、常用测温方法及仪器	(132)
§ 5-2	接触式测温仪器	(134)
§ 5-3	非接触式测温仪器	(147)
§ 5-4	温度检测的应用	(156)
第六章	力参量检测法	(158)
§ 6-1	概述	(158)
§ 6-2	应变片的工作原理	(159)
§ 6-3	应变片材料及其特点	(161)
§ 6-4	应变仪及其配置	(165)
§ 6-5	应用实例	(172)
第七章	超声波和声发射检测	(175)
§ 7-1	超声波的物理基础	(175)
§ 7-2	超声波探伤法	(189)
§ 7-3	声发射检测	(205)
第八章	X射线检测法	(215)
§ 8-1	X射线的产生及其性质	(215)
§ 8-2	X射线探伤原理及应用	(217)
§ 8-3	X射线探伤装置	(220)
§ 8-4	X射线的防护	(229)
第九章	电气设备的故障诊断	(231)
§ 9-1	电动机的故障诊断	(231)
§ 9-2	电器的故障诊断	(241)
§ 9-3	控制装置的故障诊断	(247)

第一章 设备状态管理

§ 1-1 设备状态管理的目的和内容

设备状态指在用设备所具有的性能、精度、生产效率、安全、环境保护和能源消耗等等的技术状态。例如某台机床，按照说明书，它应该能够加工6级精度的零件，现在是否仍然具有这种性能呢？如果不是，那就说明这台机床已经处于劣化的状态。因此，要使设备经常保持良好的技术状态，就必须加强设备状态的管理。所谓设备状态管理就是指为保证设备处于良好技术状态所进行的各种检查、维护和监测工作。它包括日常检查、定期检查、润滑、维护、调整、日常维修、状态监测和故障诊断等等。通过采取这些措施，可以了解和掌握设备的技术状态，及时发现和排除故障，保证设备的正常运行。这就是设备管理的目的。

加强设备管理，是降低维修费用、减少停机时间、提高设备利用率、保证产品质量和生产效率、保证安全生产、提高企业的经济效益和社会效益的基本前提。这也是实行设备状态管理的意义所在。

设备状态管理的内容包括以下几项：

1. 制订科学的管理制度和相应的规程，如设备检查制

度、设备维护规程、重点设备的使用规程、设备操作规程、设备检修规程、动力设备的安全运行规程等等。

2. 加强设备的维护检查，如实行区域维修责任制、贯彻润滑工作的五定(定点、定质、定量、定人、定期)等。

3. 制订设备状态完好标准。

4. 运用监测和诊断技术，及时掌握和了解设备的故障和劣化的发展情况，采取相应的措施。

5. 积累维护修理过程中的各种资料，如原始记录、日常检查和故障修理记录、事故记录等。

§ 1-2 设备技术状态完好标准

为了判断设备的技术状态，需要有一套标准，这就是设备技术状态标准。设备技术状态标准包括下面两部分：

1. 设备工作能力标准

设备的工作能力指它的功能和技术参数，如精度、性能、功率、效率、速度、出力等。这些参数规定在设备的技术条件中，并在出厂时载入设备出厂检验单和技术说明书中。

2. 设备技术状态完好标准

设备技术状态完好标准是为了统计考核设备的精度、性能、完好状态、加工产品的质量以及设备管理和维修效果而制订的。下面将详细介绍。

一、设备技术状态完好标准的一般要求

对设备的技术状态应有具体的要求，同时要能进行定量分析和评价。这些要求包括两部分：一是对各类设备都适用

的一般要求，二是对不同设备规定的具体要求。

对所有设备的一般要求包括以下各项：

1.设备性能良好。例如，对机械加工设备，其精度应满足工艺要求，对动力设备，其出力应达到原设计要求。同时，设备运转时应不发生超温、超压现象。

2.设备运转正常，零部件齐全，磨损或腐蚀程度不超过规定的标准，主要计量仪器、仪表和液压、气动、润滑等系统安全可靠。

3.原材料和能源消耗正常，基本上无漏油、漏水、漏气或漏电现象。

4.设备上的制动、连锁、防护、保险、安全及电气控制装置齐全、完好且灵敏可靠。

5.生产上有特殊要求的设备，如防腐、防爆、防潮等，还应根据不同情况规定不同的要求。

6.由两台或两台以上设备组合进行生产的大型设备或机组，除上述要求外，还应对主机和辅机规定相应的要求。

二、各类设备的技术状态完好标准

1.金属切削机床类

(1)精度、性能应满足生产工艺要求，精密稀有机床主要精度项目应达到出厂标准。

(2)各传动系统运转正常，变速装置齐全。

(3)各操作系统的动作灵敏可靠。

(4)润滑系统装置齐全，管道完整，油路畅通，油标醒目。

(5)电气系统装置齐全，管线完整，动作灵敏可靠。

(6)滑动部位运行正常，无严重拉伤或碰伤现象。

(7)机床内外清洁，无黄袍、油垢、锈蚀。油质符合要

求。

- (8)基本上无漏油、漏水、漏气现象。
- (9)零部件完整,随机附件基本齐全,保管妥善。
- (10)安全、防护装置齐全可靠。

其中(1)~(6)项为主要项目。

2. 锻压设备类

- (1)工作能力满足生产工艺要求。
- (2)~(10)参照金属切削机床(2)~(10)项。

其中(1)~(6)项为主要项目。

3. 起重设备类

- (1)起重和牵引能力达到设计要求。
- (2)各传动系统运转正常,钢丝绳及吊钩符合安全技术

规程。

- (3)制动装置安全可靠,主要零件无严重磨损。
- (4)操作系统灵敏可靠,运转正常。
- (5)主梁及副梁的下挠、上拱及旁弯等变形均不得超过

有关技术规定。

- (6)电气装置齐全可靠,调速正常。
- (7)车轮及轨道接触良好,无严重啃轨现象。
- (8)润滑装置齐全,效果良好。基本无漏油现象。
- (9)吊车内外整洁,标牌醒目,零部件齐全。

其中(1)~(7)项为主要项目。

4. 铸造设备类

- (1)技术性能良好,满足生产工艺要求。
- (2)设备运转正常,操作控制系统完整可靠。
- (3)电气、安全、防护、防尘等装置完整可靠。
- (4)设备内外整洁,零部件及各滑动面无严重磨损。

(5) 基本无漏水、漏气或漏油现象。

(6) 润滑装置齐全，效果良好。

其中(1)~(3)项为主要项目。

5. 工业锅炉类

(1) 出力基本能达到原设计要求或领导部门规定的标准。

(2) 炉壳、炉筒、炉胆及炉管等部位无严重腐蚀。

(3) 电气及安全装置齐全完好，管路畅通。水位计、压力表、安全阀等灵敏可靠。

(4) 主要辅机、附件及计量仪器、仪表应齐全可靠，运转良好，指示准确。

(5) 各控制阀门装置齐全，动作灵敏可靠。

(6) 传动和供水系统操作灵敏可靠。

(7) 主机及辅机外观整洁，润滑良好。

(8) 基本无漏水、漏油或漏气现象。

其中(1)~(6)项为主要项目。

6. 动能设备

(1) 出力基本达到原设计要求。

(2) 各传动系统运转正常。各滑动面无严重锈蚀或磨损。

(3) 操作系统、电气系统和控制系统上的安全阀、压力表、水位计等装置齐全，灵敏可靠。

(4) 无超温、超压现象。基本无漏水、漏油或漏气现象。

(5) 润滑装置齐全，管道完整，油路畅通，油标醒目。油质符合要求。

(6) 辅机和零部件齐全，内外整洁。

其中(1)~(5)项为主要项目。

7. 电气设备类

适用于中、高频电热设备, 交流设备, 变压器, 发电设备, 焊接设备等。

(1) 各项主要性能达到原出厂标准或能满足生产工艺要求。

(2) 操作和控制系统齐全, 工作灵敏可靠。

(3) 设备运行正常。绝缘及安全防护装置符合电气安全规定。

(4) 设备的通风、散热和冷却系统完整, 效能良好。

(5) 箱体、炉壳及砌砖体等部件无严重烧蚀和裂缝。

(6) 传动系统运转正常, 润滑良好。

(7) 设备内外整洁, 无漏气、漏水或漏油现象。

其中(1)~(3)项为主要项目。

8. 动力管道类

(1) 管道性能满足设计要求和生产工艺要求。

(2) 操作、控制及安全装置完整, 动作灵敏可靠。

(3) 运行良好, 无超温、超压现象, 不漏气, 不漏水。

(4) 附件及防护、环保设施完善可靠。

(5) 防冻保温层敷设良好, 保温层表面温度不超过规定要求。

(6) 管道网路有管线图、安装施工图和试压验收单等技术资料。

(7) 管道外层应按管道类别涂上规定颜色。

(8) 架空或埋地敷设的管道与其他工业管道、电力或电讯线路之间的水平和垂直交叉净距应符合管道设计规定。

其中(1)~(4)项为主要项目。

9. 工业泵类

- (1) 技术性能达到设计要求或领导部门批准的标准。
- (2) 设备运转正常，不过热，无振动或异常噪音。
- (3) 设备本身及附属装置、阀门、仪表等应完整无缺。
- (4) 电机及电气控制系统齐全可靠，接地符合要求。
- (5) 各阀门启闭灵活，密封良好，不漏水，不漏气。
- (6) 润滑及冷却良好，外观整洁。
- (7) 设备及附属装置无严重腐蚀，基础牢固。

其中(1)~(5)项为主要项目。

10. 煤气发生炉

- (1) 出力基本达到原设计要求或领导部门批准的标准。
- (2) 主要部件无严重损坏或脱落。
- (3) 各传动系统运转正常，各滑动面无严重锈蚀或磨损。
- (4) 操作系统、电气系统、控制系统、安全阀、压力表、水位计及仪表等齐全，动作灵敏可靠。
- (5) 设备无超温、超压现象，基本无漏水、漏油或漏气现象。
- (6) 冷却和润滑系统齐全，管道完整，水路油路畅通。标志醒目。
- (7) 附机和零部件齐全，内外整洁。

其中(1)~(6)项为主要项目。

凡不包括在上述各类设备中的其他设备，其完好标准可参照设备技术状态完好标准的一般要求执行。

三、设备技术状态的考核

一个企业的设备技术状态是否良好，用设备完好率指标进行考核。

$$\text{设备完好率} = \frac{\text{主要生产设备完好台数}}{\text{主要生产设备拥有台数}} \times 100\%$$

这里，主要生产设备指企业内已安装好的主要生产设备，包括备用的、封存的和正在检修的设备。一般要求设备完好率保持在90%以上，对动力设备则要求在95%以上。

§ 1-3 设备的检查

设备检查是根据设备的规定性能和有关标准，对它的性能、精度、润滑情况、运行情况以及安全情况进行检查。设备检查的目的是判断设备是否正常，发现设备故障，以便采取措施及时排除，保证设备正常运行。因此，设备检查是设备状态管理中一项基础性的工作。

设备的损坏和劣化，多数是逐渐发生的。如果能够跟踪设备的磨损或劣化情况，在它们发展到出现事故之前采取措施，就可以避免重大事故的发生。

设备的检查按间隔时间的长短分为日常检查和定期检查。

一、日常检查

日常检查或称日常点检，是由操作人员通过五官每日检查设备有无异常现象，能否正常运转。检查内容很广泛，包括响声、润滑情况、供油量、安全装置情况以及零件磨损程度、设备是否已正确调整、有无漏油等等。通过日常检查发现的问题，如果是经过简单调整或修理即可解决的，就直接由操作人员解决，如果难度较大的，则通过专业维修人员解决，如果维修工作量较大，则需由车间维修组或由设备部门

安排计划维修。

二、定期检查

定期检查以维修人员为主，操作人员配合执行。定期检查的对象是重点设备和精密设备。定期检查分两类：

1. 性能检查

性能检查的目的是保证设备达到规定的技术性能。通过感官感觉或用仪器测量，以检查设备各项性能指标是否正常，如果不正常，则马上调整或排除异常因素。

2. 精度检查

精度检查的目的是保证设备的各项精度达到规定的要求。检查精度之前，先检查设备安装水平是否有变动。通过检查，发现有不合格项目，需立即调整。设备的精度检查应由专职的设备检查员和维修工人执行。

对于金属切削机床，可以用机床精度指数 T 来评价其几何精度是否达到规定的标准。

$$T = \sqrt{\frac{\sum (\text{精度实测值}/\text{精度允许值})^2}{\text{测定的项目数}}}$$

如果测出的各项精度都小于允许值，那末计算出的 T 值显然也就小于1。 T 值愈小，则表明机床的实际精度愈高。一般国产新机床的 T 值在0.5~0.8之间，设备经大修后的 T 值应小于1，最多等于1。一般地， $T < 1.5$ 尚可以满足工艺要求，但要注意经常检查和调整； $T = 2 \sim 3$ 时，要重点调整或针对精度最差的一些项目进行项修； $T > 4$ 时，要马上项修或大修。

在生产实际中应用 T 值时，还要注意排除一些假象。例如，算出 T 值增大时，可能有两种情况：(1)所有各测定的项目或其中大部分都超差，这是实际机床精度劣化的情况，

(2)有一两个项目严重超差而其余项目都正常,这时如果针对这一两个项目进行调整,有可能使 T 值恢复正常。

另一方面,即使计算出的 T 值小于1,还要作一些分析,因为有可能某些主要项目已经超差,而一些次要项目仍然在允差之内。在这种情况下,还是要采取一些措施的。

机床精度指数只是根据几何精度计算出来的,因此不可能全面地反映和评价机床的精度,但是可以作为比较和判断新购机床的质量以及机床修理质量的参考,也可以借此进一步了解机床精度的劣化趋势。为此,根据算出的 T 值计算出机床精度劣化速度指数:

$$v_T = \frac{T_n - T_{n-1}}{t}$$

式中, T_n 、 T_{n-1} 是相邻两次实测所得到的精度指数值, t 是两次测量的时间间隔(年)。

实例:一台机床从1979年至1983年历次测算的机床精度指数如下:

1979年9月	$T = 0.6$
1980年9月	$T = 0.9$
1981年10月	$T = 1.5$
1982年10月	$T = 2.4$
1983年9月	$T = 3.9$

根据上述公式计算出的机床精度劣化指数如附表所示。

计算结果显示,随着工作时间的增加,机床精度的劣化速度越来越快,劣化程度越来越严重,必须立即采取措施。

三、设备检查的实施

实施设备检查并要取得实际效果,有两个问题是很关键

序号	测定日期	机床精度指数 T	机床精度劣化速度指数 v_T
1	1979年9月	0.6	
2	1980年9月	0.9	$v_T = \frac{0.9 - 0.6}{12/12} = 0.3/\text{年}$
3	1981年10月	1.5	$v_T = \frac{1.5 - 0.9}{13/12} = 0.55/\text{年}$
4	1982年10月	2.4	$v_T = \frac{2.4 - 1.5}{12/12} = 0.9/\text{年}$
5	1983年9月	3.9	$v_T = \frac{3.9 - 2.4}{11/12} = 1.67/\text{年}$

的，即制订切实可行的检查大纲和实施计划。

1. 设备检查大纲

设备检查大纲是指导检查工作的技术文件，内容包括检查部位、检查重点、检查内容、检查方法和判定标准。为了使检查大纲切实可行，制订时必须遵循一定的程序，充分吸取各方面人员的经验。首先由设备管理部门提出一个初稿，经维修人员、质检人员、工段长以及操作人员共同研究，广泛征求意见。与此同时，还必须拟定各种必需的表格，培训检查人员，然后在实际生产中使用。根据使用情况，检查原来制定的大纲是否合理，作出必要的修改和补充，最后定案。表 1-1 是金属切削机床检查大纲的实例。

2. 实施计划

实施计划是实施设备检查的保证。计划中应包括下面内容：

- (1) 职责分工。明确每一项任务的执行人员。
- (2) 检查对象。一般来说，实行定期检查的只限于精

表1-1 金属切削机床检查大纲

检查部位	检查重点	检查内容	检查方法及判定
1	机体	振动、裂纹、磨损、腐蚀 检查床身、立柱、底座、机架等有无异常振动、裂纹、磨损、腐蚀	用目视及接触判定其微动、振动、裂纹、磨损、腐蚀现象
2	主轴箱，刀架砂轮磨头	振动、磨损 检查运转时有无异常振动及主轴径向、轴向跳动	用目视及接触法，必要时用千分表，检查有无异常振动，并检查工件精度以判定振动及磨损情况
3	主轴轴承	温度、磨损 检查轴承温度及工件质量	用接触法或用测温计检查轴承温升，正常情况下不超过室温30℃。目视检查工件，不许有影响精度的波纹。
4	齿轮箱	噪声、振动、啮合情况、磨损、损伤 检查运转中齿轮噪声、传动齿轮啮合情况及磨损损伤情况	用感官检查，不得超过规定的标准
5	变速装置	操纵动作 变速操作是否灵活和正确可靠	实际进行操作，应灵活、可靠、正确
6	反向装置	操纵动作 同上	同上
7	起动、停止装置	操纵动作 同上	不应有冲击现象，停止动作灵敏可靠
8	传动装置	磨损、损坏、变形、松弛 检查三角皮带根数，磨损、变形松弛情况，检查皮带轮、链轮、链条的磨损、变形及传动用联轴器、齿轮、丝杆的磨损情况	目视检查，对磨损、变形和松弛严重的要调整或更换