

Automobil

内燃机构造与维修

陈建基 主编

王正键 主审



广东交通职业技术学院

Machine

Automobil

内燃机构造与维修

陈建基 主编

王正键 主审



学院图书馆
书章



广东交通职业技术学院

Machine

前 言

该书根据部教学大纲规定的内容编写而成,作为内部教材使用。

本书由陈建基讲师主编,王正键高级讲师主审。第一章、第三章、第六章由严朝勇工程师编写;第四章、第五章由陈建基老师编写;第二章、第七章、第八章由陈诗盛助理讲师编写。朱秀珍、杨祥波、陈宏聪同志为该书打字、排版,在此表示衷心感谢!

本书涉及的知识面较广,实践性较强,由于编者水平有限,时间仓促,书中肯定存在不少错误,敬请使用本书的老师、同学批评指正,提出宝贵意见。谢谢!

编者

2000年4月10日

目 录

第一章 工程机械修理基础知识	1
第一节 工程机械技术状况主要指标及机械技术状况变化的原因	1
第二节 零件失效分析	16
第三节 工程机械的维护和检修制度及组织	33
第四节 工程机械的拆卸、清洗	38
第五节 零件检验	49
第六节 零件修理	64
第二章 内燃机基础知识	84
第一节 概述	84
第二节 内燃机工作原理	87
第三节 内燃机总体构造	93
第三章 曲柄连杆机构	95
第一节 概述	95
第二节 气缸体与气缸盖	98
第三节 活塞连杆组	109
第四节 曲轴飞轮组	132
第五节 曲柄连杆机构的常见故障分析与排除	143
第六节 气缸体、气缸盖及气缸套的检验与修理	148
第七节 活塞连杆组的修理	166
第八节 曲轴与滑动轴承的修理	173
第四章 配气机构	187
第一节 概述	187
第二节 配气相位	188
第三节 配气机构的主要零部件的构造	189
第四节 配气机构的常见故障及原因	194
第五节 配气机构主要零件的损伤检验与修理	196
第六节 气门间隙和配气相位的检查调整	200

第五章 柴油机燃料供给系	202
第一节 概述	202
第二节 柴油机燃烧室	203
第三节 喷油泵	205
第四节 喷油器	209
第五节 输油泵	223
第六节 调速器	225
第七节 PT 供油系统	238
第八节 柴油机燃料供给系及其它装置	246
第九节 柴油机燃料供给系的常见故障及排除方法	255
第十节 柴油机发动机燃料供给系的维修	264
第十一节 喷油泵及调速器的调试	271
第十二节 喷油器的维修	280
第六章 汽油机燃料供给系	284
第一节 概述	284
第二节 可燃混合气成分对汽油机性能影响及汽油机各工况对混合气浓度要求	285
第三节 化油器	289
第四节 汽油泵	311
第五节 汽油机燃料供给系的常见故障及原因	313
第六节 汽油燃料供给系的维修	332
第七章 冷却系	337
第一节 概述	337
第二节 水冷却系	337
第三节 冷却系故障的诊断与使用	348
第四节 冷却系的修理	351
第八章 润滑系	355
第一节 概述	355
第二节 润滑系的组成和润滑油路	356
第三节 润滑系的故障的诊断	371
第四节 润滑系的修理	377

第一章 工程机械修理基础知识

第一节 工程机械技术状况主要指标及机械技术状况变化的原因

一、诊断技术在机械使用与维修中的应用

所谓诊断技术是指机械在不拆卸的情况下,用仪器仪表获取有关输出参数和信息,并据此判定机械技术状况的技术手段。

如前所述,机械的故障率是与机械的使用条件有关的。由于使用条件的差别很大,使得机械的使用寿命具有很大的离散性。因而按照使用时间计算出来的故障概率不一定符合实际情况。因此难以预测机械运转的可靠性,不能作到防患于未然。为此,可靠的方法是对机械的技术状况进行实地的检测。但是,传统的检测方法是依靠拆检,这既费时而易加速机械的损坏,因而带来不利影响。然而,随着近年来诊断技术的发展,使得利用诊断手段来判定机械的技术状况已逐渐成为可能。这样,就为提高机械运转的可靠度提供了保证;为维修决策提供了科学的依据,从而得以克服可能出现的过渡修理和失修的缺点,使机械及其零件既可得到充分利用又能得到及时的维修。因此,诊断技术在机械使用、维修中已日益显示出重要作用。

诊断技术目前应用日益广泛,各种新的诊断设备不断出现,功能日益齐全。随着这一情况的出现,在应用上也形成了相应的体制和制度,如在设备配置上,有随车诊断装置、诊断站、诊断中心之分。前者供司机随时使用,用于诊断或监测常风的一般故障;后者供定期进行诊断之用,其中诊断站一般是为技术保养服务的;而诊断中心是对机械进行全面诊断侧重于为修理提供依据。实行定期诊断,按需维修是现代修理制度的发展趋势。

二、机械诊断技术的基本任务

正如医学中的人体诊断一样,被诊断者的体温、血压、脉搏状况等,都反映着一个人的健康状况。在机械中,通过诊断手段所获取的各种信息都是机械的一定技术状况的反映。超越一定范围的诊断参数就是机械故障的征兆。例如机械运转时一般都存在噪声,当机械中的某些相互配合的零件因磨损等原因而引起配合间隙的增大时即导致冲击和振动的加剧,由此引起噪声增大。在此情况下,一定的噪声即反映了某些配合件的配合状态。对于不同的机械有不同的振动和噪声的允许范围。这样,即可通过噪声的测定来判断某些机械或部件的技术状况,包括判定是否存在故障或估算它的剩余使用寿命。类似有关原理,如温度、压力、流量、电流、电压、功率、转速等诊断参数都与机械的状态参数密切相关。

根据如上关系,诊断技术必须解决如下几个任务:

1. 建立诊断参数与状态参数之间的相互关系。在大多数情况下，这种情况是通过实际试验取得的。图 1-1-1 所示为凿岩机气缸一活塞的表面磨损量 x 与活塞冲击频率 n 之间的关系。通过数学的回归，可以建立起数学表达式：

$$x=f(n) \quad (1-1)$$

由此可知，只要测得了冲击频率 n ，就可判定气缸和活塞的磨损情况。



图 1-1-1 凿岩机的冲击频率与气缸——活塞磨损情况的关系

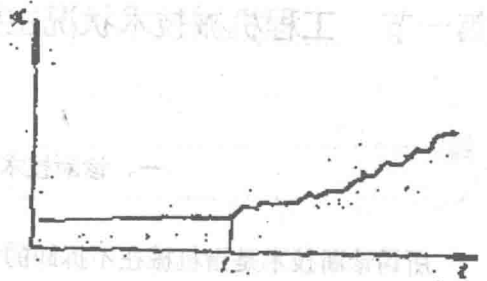


图 1-1-2 滚动轴承工工波力利裕的测试记录

2. 建立起状态参数或诊断参数随时间而变化的数学模型，即获得机械损坏的规律，从而实现寿命的预测。如图 1-1-2 表示了滚动轴承的振幅工作时间而变化的测试记录。图中的 t_0 即为威布分布的位置参数。表示轴承开始出现疲劳剥落的时间。从而可以确定振幅 x 与时间 t 的关系。即

$$x=f(t) \quad (1-2)$$

3. 提供获取诊断信息和信息处理所必要的手段。现代诊断技术是在电子工业及传感器技术不断发展的基础上建立起来的，综合性的诊断设备通常包括数据采集、数据处理和数据输出等单元，图 1-1-3 为哈密尔顿标准公司研制的一种车用柴油机诊断装置的框图。它可以通过操纵器发出有关指令，然后即可由打印机打印出诊断结果。

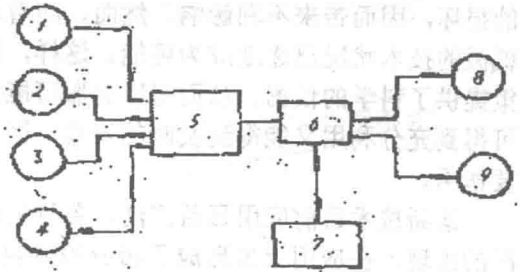


图 1-1-3 柴油机基本诊断装置框图

- 1-4——传感器；5——数据探测装置；
6——微处理机系统；7——记录存储器；
8——打印机；9——进出口操纵器。

三、工程机械的一般参数的诊断

(一) 噪声测量及声响诊断

1. 噪声测量和频谱分析概念

噪声大小既是反映机械技术状况的一个指标，也是减少环境污染所要控制的一个重要内容，因此噪声测量具有普遍意义。

在环境污染控制中，噪声主要是用声级作为衡量指标，这是根据不同频率对客观存在的声学物理量进行不同程度的衰减，使之近似于人耳对声响感觉程度的一个指标，它可以用声级计来测量。声级计中用以对不同频率声响进行不同程度衰减的装置称为计权网路。

在机械的技术诊断中，对声响大小的评价指标一般是用声压级，声压级是一个客观存在

的物理量，它的定义为：

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0} \text{ dB} \quad (1-3)$$

式中 p ——被测声压；
 $p_0=2 \times 10^{-5} \text{ pa}$ ——基准声压。

总的声压级也可以用声级计来测量，只是需通过转换开关使之不通过计权网路、即不随频率改变而产生衰减。

但是，在机械诊断中，常常是要找出发生故障的部件，仅仅测出总的声压级还不够，还要进行频谱分析。这是因为机械在某一定的条件下运转时，不同构件会发出不同频率的声响，因而根据特定的频率，即可找到声源，从而达到诊断的目的。频谱分析的结果通常是以频率作为横坐标，以声压级作为纵坐标的曲线图来表示。

频谱分析根据频带宽度的划分方法的不同分等比（等百分比）带宽和恒带宽两种不同方法。

等比带宽是指任意频带的宽度其上限频率与下限频率成固定不变的比率。最基本的比位是上限频率为下限频率的二倍，由此称这种频谱为倍频程频谱，这是国际上通用的划分方法，并制定了相应的划分标准，如表 1-1。

·倍频程频带的划分

表 1-1

频段划分	22	45	89	176	354	707	1414	2828	5657	11314	22627
中心频率	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	

更详细的等比带宽频谱分析是将倍频程的每一频段再按等比的原则分成若干小段，例如分成两段、三段……等，分别称为 $\frac{1}{2}$ 倍频程、 $\frac{1}{3}$ 倍频程，……，最窄的等比带宽为 $\frac{1}{15}$ 倍频程，这种情况下的上限频率与下限频率的比值分别为 $2^{\frac{1}{2}}$ 、 $2^{\frac{1}{3}}$ 、……、 $2^{\frac{1}{15}}$ 。

等比带宽频谱分析是以它的中心频率来指示所在频段的，设某一频段的下限频率为 f_1 、上限频率为 f_2 ，则相应的中心频率 f_c 为：

$$f_c = \sqrt{f_1 f_2}$$

等比带宽频谱分析是通过在声压测量的电路中串入一组包括所有各频段的带通滤波器来实现的。

等比带宽是指带宽不随频率而改变，即 $f_2 - f_1$ 是一个常数。恒带宽频谱分析是在具有跟踪滤波器并能自动扫描的频谱分析仪上进行。同一台频谱分析仪可以有几种不同的带宽，例如国产 BP-28 型低频频谱分析仪就有 4、30、150Hz 三种带宽。分析时可以根据精度要求选择。

2. 噪声测量方法

1) 测量环境的选择 测量噪声时环境条件主要是避免反射的影响。工程机械的噪声测量一般是在野外进行，有时可直接在现场进行，但它要求环境开阔，在 40m 内无高大建筑物。对于某些机械设备的精密噪声测量则要求在消声室内进行。

2) 仪器的设置 仪器的设置主要是指传声器的设置, 它应根据测量的技术要求和结合人耳对噪声的听觉情况而定。如对司机驾驶室的噪声测量时, 传声器应置于司机在正常操作时的耳朵位置; 工程机械的外部噪声有距离规定, 测量时除按规定的距离设置外, 其高度一般定为 1.5m, 即近似于人耳的高度。传声器有明显的指向性, 设置时应将其指向被测声源。

3) 环境噪声的修正 当测量机械设备的噪声时, 因为周围环境的噪声会影响测试结果, 应根据不同的情况进行处置。即当对机械所测的总噪声比环境噪声(机器不工作时的噪声)大于 10dB 时, 可不考虑修正; 设其总噪声与环境噪声之差小于 3dB 时, 则应该降低环境噪声(如将别的产生噪声设备关停)后重新测量; 而当其差值 ΔL 在 3—10dB 之间时, 则可按表 1-2 的修正值 β 进行修正, 即设备的噪声应为总噪声与修正值 β 之差。

环境噪声的修正值 (dB)

表 1-2

ΔL	3	3.5	4~4.5	4.5~6	6~8	8~10
β	3	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5

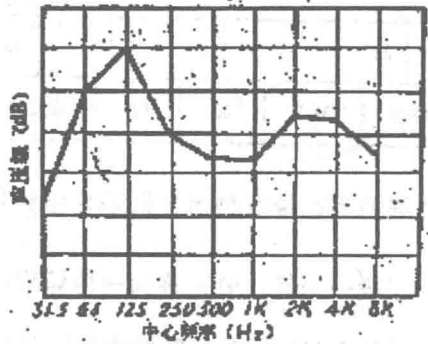
4) 声级计的使用 进行环境噪声测量时, 通常是测量它的 A 声级, 即选用 A 计权网络, 这时应将功能开关的“A”键按下; 若为对机械的技术状况进行噪声检验时, 是测量声压级, 即应按下功能开关的线性(“Lin”)键。

仪器使用前要进行电源检查和校正灵敏度。

为了防止仪器操作者引起的声反射, 操作者离传感器的距离应不小于 0.5m。

3. 频谱分析

1) 倍频程频谱分析 按照仪器的接线要求将带通滤波器与声级计连接起来, 按下仪器的功能开关的“滤波”键, 通过旋动滤波器的档位旋钮, 逐一测得各频带的分贝值, 并进行记录, 然后即可用频谱分析图表示出来, 如图 1-1-4。



在等带宽频谱分析中, 除经常采用倍频程分析外, 1/3 倍频程也是在实际中经常用到的, 其方法与此相同。

2) 连续频谱分析 将声级计的输出接到频谱分析仪上, 又将分析仪的输出到函数记录仪上, 即可在记录上得到连续频谱。测试时为了得到绝对幅值(分贝数), 须用声级计的自校声压级(参考声压)进行标定。这样, 即可将记录频谱的幅值与标定幅值进行比较, 从而得到相应的分贝值。

4. 声响诊断

机械在长期使用中或者由于零件的磨损引起配合间隙的增大, 或者由于零件的变形引起正常的相互位置的破坏, 或者由于紧固件的松动, 在工作时就可能出现非常的碰撞和冲击, 从而引起噪声增大, 也就时出现异常的响声。因此, 根据响声的异常情况便可以判断机械的技术状况。

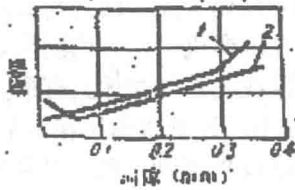


图 1-1-5 柴油机轴承噪声与配合间隙的关系
1——连杆轴承；2——后主轴承。

其次是噪声的根源在于机械的表面振动，这不仅与原始的振动规律有关，而且与该点的固有频率有关。例如，在内燃机中，人们测得 CA10-B 发动机气缸的敲击声在其外侧壳体上有最大振幅，其频率为 1200Hz 左右；连杆轴承则在其最近的壳体侧面激发出约 800Hz 的振动。而对某种柴油机轴承噪声测试的结果，其噪声振幅与间隙如图 1-1-5 关系。

(二) 机械的油液分析

1. 油液分析的诊断原理

处于液体润滑的各种摩擦副，在其工作过程中，它的磨损产物便进入润滑油中，因润滑油中的各种磨损产物的存在情况，即表征着一定零件的磨损情况，从而判断机械的技术状况。对润滑油进行分析的方法，现在已成为机械诊断中的一个重要手段。这种诊断是从如下几个方面来进行分析的：

工程机械常见杂质来源

表 1-3

元 素	来 源
铁	各种轴颈、齿轮、缸套、活塞环、滚动轴承
铝	活塞
硅	空气中的灰尘，铸铁件
铜	轴承，衬套
铬	镀铬活塞环、滚动轴承
铅	轴承
锡	轴承
锌	黄铜零件

1) 成分分析 润滑油中出现的不同化学元素，来源于含有相应元素材料制成的零件。但当密封不良，以及内燃机和空气压缩机等的空气滤清器失效时，润滑油中会有大量的尘埃成份出现。工程机械的润滑油中的常见杂质及可能的来源见表 1-3。

2) 油液中磨损产物的含量及其增长速度与磨损情况的判断 在无烧损和无漏损的情况下，如一般的传动系和液压元件，其油液中的磨损产物的浓度与零件的磨损量存在着直线关系，因而测定磨损产物的浓度即可判定磨损量的大小。内燃机中的情况则较为复杂，这是因为它存在着润滑油中的磨损产物浓度的波动，因此难以根据磨损产物的绝对浓度来确定零件的磨损量。但是根据国外对拖拉机发动机的机油分析表明，在正常情况下，发动机在加满新机油大约工作 120~150h 左右时，机油中铁元素的浓度便稳定在某一小平，不同的稳定水平，反映了不同工况下的磨损速度。而当按同一时间选择进行抽样检验结果越过了自身的稳定水平时，则表明磨损速度增大，这即是非正常磨损的征兆。图 1-1-6 示出了机油中的铁元素浓度和浓度增长速度与发动机气缸——活塞组和曲轴——连杆轴承的磨损速度的关系。图 1-1-7 示出了汽车发动机中的铜——铅轴承在整个使用进程中对机油中的铜，铅元素进行分析的情况。由此不难看出，当汽车走行接近 7 万英里时，机油中铜和铅的浓度同时急剧升高，说明铜铅轴承在迅速磨损，从磨损规律来看，这是进入了磨损极限的程度，机械已不能再用了。而在汽车运行 4 万英里的前后，铜和铅的磨损失去比例关系，这说明并非是由于铜、铅轴承的磨损，很大的可能是因活塞销铜

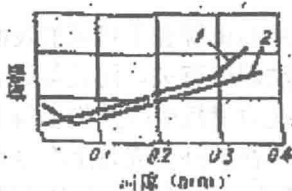


图 1-1-5 柴油机轴承噪声与配合间隙的关系
1——连杆轴承；2——后主轴承。

其次是噪声的根源在于机械的表面振动，这不仅与原始的振动规律有关，而且与该点的固有频率有关。例如，在内燃机中，人们测得 CA10-B 发动机气缸的敲击声在其外侧壳体上有最大振幅，其频率为 1200Hz 左右；连杆轴承则在其最近的壳体侧面激发出约 800Hz 的振动。而对某种柴油机轴承噪声测试的结果，其噪声振幅与间隙如图 1-1-5 关系。

(二) 机械的油液分析

1. 油液分析的诊断原理

处于液体润滑的各种摩擦副，在其工作过程中，它的磨损产物便进入润滑油中，因润滑油中的各种磨损产物的存在情况，即表征着一定零件的磨损情况，从而判断机械的技术状况。对润滑油进行分析的方法，现在已成为机械诊断中的一个重要手段。这种诊断是从如下几个方面来进行分析的：

工程机械常见杂质来源

表 1-3

元 素	来 源
铁	各种轴颈、齿轮、缸套、活塞环、滚动轴承
铝	活塞
硅	空气中的灰尘，铸铁件
铜	轴承，衬套
铬	镀铬活塞环、滚动轴承
铅	轴承
锡	轴承
锌	黄铜零件

1) 成分分析 润滑油中出现的不同化学元素，来源于含有相应元素材料制成的零件。但当密封不良，以及内燃机和空气压缩机等的空气滤清器失效时，润滑油中会有大量的尘埃成份出现。工程机械的润滑油中的常见杂质及可能的来源见表 1-3。

2) 油液中磨损产物的含量及其增长速度与磨损情况的判断 在无烧损和无漏损的情况下，如一般的传动系和液压元件，其油液中的磨损产物的浓度与零件的磨损量存在着直线关系，因而测定磨损产物的浓度即可判定磨损量的大小。内燃机中的情况则较为复杂，这是因为它存在着润滑油的不断烧损和补充以及定期更换等情况，从而引起润滑油中磨损产物浓度的波动，因此难以根据磨损产物的绝对浓度来确定零件的磨损量。但是根据国外对拖拉机发动机的机油分析表明，在正常情况下，发动机在加满新机油大约工作 120~150h 左右时，机油中铁元素的浓度便稳定在某一小平，不同的稳定水平，反映了不同工况下的磨损速度。而当按同一时间选择进行抽样检验结果越过了自身的稳定水平时，则表明磨损速度增大，这即是非正常磨损的征兆。图 1-1-6 示出了机油中的铁元素浓度和浓度增长速度与发动机气缸——活塞组和曲轴——连杆轴承的磨损速度的关系。图 1-1-7 示出了汽车发动机中的铜——铅轴承在整个使用进程中对机油中的铜，铅元素进行分析的情况。由此不难看出，当汽车行走接近 7 万英里时，机油中铜和铅的浓度同时急剧升高，说明铜铅轴承在迅速磨损，从磨损规律来看，这是进入了磨损极限的程度，机械已不能再用了。而在汽车运行 4 万英里的前后，铜和铅的磨损失去比例关系，这说

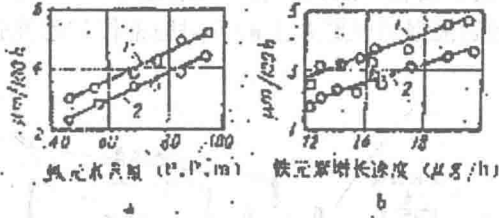


图 1-1-6 苏T—50 发动机磨损时配合间隙的增长速度与机油中铁元素含量及其增长速度的关系

a - 间隙增长速度与机油中铁元素的重量百分比浓度的关系

b - 间隙增长速度与机油中铁元素的增长速度的关系

1- 活塞—气缸； 2- 曲轴—连杆轴承

到磨损极限状态时，可能出现粗大的颗粒。正常的磨料磨损，其磨损产物的颗粒呈不规则截面的粒状；粘着磨损时可能出现条状的表面无光泽的磨损颗粒；而齿轮和滚动轴承的疲劳剥落，碎屑成片状，这种碎屑的工作时的摩擦面光滑而明亮，而另一面是布纹状的粗糙组织。

2. 油液光谱分析方法

光谱分析方法是测定物质的化学成份的基本方

法，在实际运用中有原子发射光谱和原子吸收光谱两种不同的方法。

明并非是由于铜、铅轴承的磨损，很大的可能是因活塞销铜套的严重磨损而导致了机油中铜的浓度升高。

根据类似的情况，日本小松公司还制定了根据使用 250h 后机油中的杂质含量判断机械状况的标准，如表 1-4

3) 根据磨损产物的粒度和形状判断零件的磨损状况 磨损产物的粒度的大小与磨损速度有很大关系，根据磨损规律，当零件处于正常磨损阶段时，磨损物的颗粒一般细小而均匀，在磨合阶段，磨损物的颗粒相对较大；而在达

机油中金属元素含量的判断基准值

(单位: P.P.m) 表 1-4

元 素	正 常	注 意	不 正 常
Fe	~45	46-95	96 以上
Cu	~15	16-45	46 以上
Al	~8	9-16	17 以上
Cr	~5	6-25	26 以上
Si	~20	21-40	41 以上
Pb	~25	26-80	81 以上



图 1-1-7 发动机铜—铅轴承磨损的机油分析情况

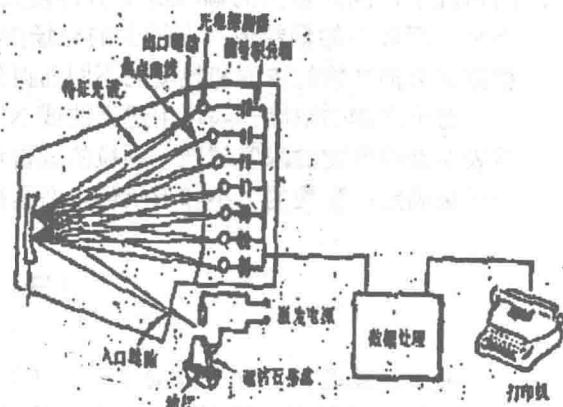


图 1-1-8 机油的原子发射光谱分析法

1) 原子发射光谱分析法 图 1-1-8 所示为这种方法的原理图，样品油用高压电 (1500V) 产生的火花直接激发，使之发射出供进行光谱分析的代表辐射，此辐射经过分光系统 (光栅

或棱镜)分光后,便形成了所含元素的各自的特征光谱,并按波长顺序在聚集处排列,通过各自的光电探测器在聚集处对其特征光谱能量的接收和放大,便可由数据处理系统输出分析结果。也可置感光底片于聚集处使其感光,然后根据感光底片上的各对应部位的感光强度(黑白程度)判断各元素的含量。



图 1-1-9 机油的原子吸收光谱分析法

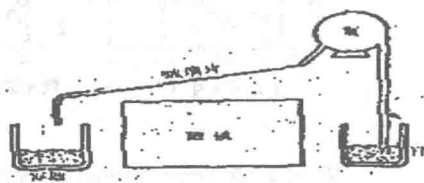


图 1-1-10 机油铁谱分析的谱样制备过程及设备原理图

2) 原子吸收光谱分析法 这种方法是利用处于基态的原子可以吸收相同原子发射的相同波长的光子能量而受激的原理,如图 1-1-9 所示。空心阴极灯是用来发射被测元素的特定波长的光谱的;原子化器是用来将样品机油气化,使机油中所含的被测元素处于原子基态,它是通过喷雾装置将机油喷射到一定温度的火焰中来实现的。这时,机油中所含被测元素的浓度不同,则被气化而成为基态原子的数量也不同,当从空心阴极灯发射来的波测元素特征光谱通过此含有基态原子的火焰时,其被基态原子吸收的光子数也不同。因而接收装置上收到的剩余特征光谱的能量也不同,即接收能量愈小,就是被吸收的能量愈多,这表明机油中该种元素的浓度愈大。该项分析仪器的接收部分的原理与原子发射光谱的接收装置相同,但因为它每次只分析一种元素,因此其输出显示装置较为简单。

3. 油液的铁谱分析方法

铁谱分析法是近年来发展起来的一项分析技术,它主要用来分析油液中铁磁物质的含量,粒度和形状。铁谱的制备过程及其设备如图 1-1-10 所示,样品油经稀释后由泵定量地输送到带有窄槽的倾斜玻璃片上,玻璃片下方置一磁铁,如图中所示,玻璃片前后相对磁铁的距离不等,前端(近泵端)距离大,磁场弱,当油中的磁性颗粒受磁场作用时,在磁场强度相等的情况下,因其较大的颗粒所受引力较大,因此在前端的较弱的磁场条件下即可被吸住沉积下来;而较小的颗粒依次在较大的磁场强度下即顺着玻璃片的下方沉积,一定的油渣数量,根据其磨损产物的浓度和粒度的不同而得到不同的铁谱制片,然后即可根据此制片进行分析。

磨损产物的浓度一般可用透光法或 X 射线法进行测定,即透光性和 X 射线的透过性好,就表明磨损产物的浓度越低;颗粒的成份可借助于铁相加热法或扫描电子显微镜的 X 射线谱分析来确定;颗粒的大小和形状可以在显微镜下观察到。

(三) 液压系统的诊断

液压系统的故障除了外漏以外,常见到的现象是执行机构无力和动作缓慢。致使机械的功率降低,其原因在于系统中某个或若干个元件有了故障。外漏的故障可以通过直接的视觉观察来发现,而其它的故障则需要通过检验仪器的诊断才能获得正确的结果。

1. 诊断仪器

目前在工程机械液压系统的技术诊断中广为应用的诊断设备为 PFM 型万能液压检测仪。利用这种设备，可以直接在机械上对每一个元件进行检测。它具有体积小、携带方便的优点，图 1-1-11 为它的外形和表盘布置图。

指示仪表 1 具有流量、温度和转速三种刻度，它可以通过功能旋钮 2 的变换分别对流量、温度和转速进行指示。测试时，首先要将系统的压力调节到被测元件所规定的工作压力，它是通过转动调节手柄 3 和依靠压力表 6 的指示来进行的。

2. 诊断步骤和要求

1) 诊断步骤 利用 PFM 型检测仪对液压系统进行诊断时，是按照顺序对各个元件逐一进行检测，并依次进行判断，必要时需采取更换或修理等措施，其检测步骤如图 1-1-12 所示。

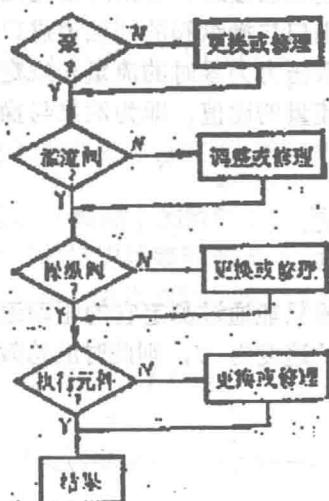


图 1-1-12 液压系统诊断程序

Y——合格；N——不合格。

2) 诊断的一般要求 流量的测定与液压油的粘度关系很大，而粘度又与温度有关。因此液压系统所用的液压油必须符合规定要求；测试时液压油的温度必须在 50°C 左右。

流量与转速近似正比关系，测试过程中应注意反复检查转速是否是在规定（额定）转速下。

3. 诊断方法

1) 泵的診断 用油管将油泵的出口与仪器的进口相接，将仪器的出口与油箱相接；开动机器，驱动油泵工作，使达到规定转速；旋动仪器的负荷调节手柄，使其压力为零，读取流量 Q_0 ；再转动仪器的负荷调节手柄，使压力逐渐上升，直到达到规定的工作压力为止，再读取流量 Q 。当 Q_0 和 Q 符合规定指标时即为合格。对于规格不详的油泵，通常可以通过求取其效率来判断

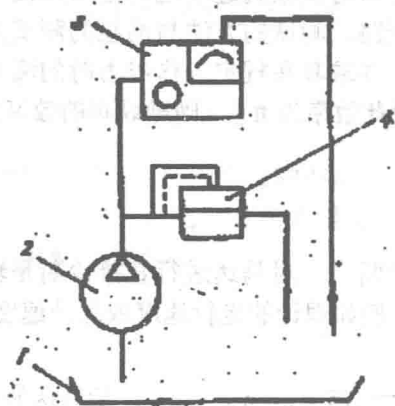


图 1-1-13 溢流阀的诊断

1——油箱；2——油泵；3——检测仪；4——溢流阀

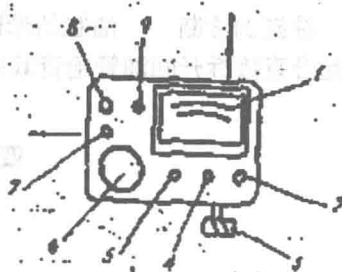


图 1-1-11 PF 型万能液压检测仪外貌

1——指示仪表；2——功能旋钮；
3——负荷调节手柄；4——零位校正器；
5——温度传感器插座；6——压力表；
7——电源按钮开关；8——转速信号输入插座；
9——闪光灯按钮。

它的技术状况。即 $Q_{\text{泵}} = \frac{Q}{Q_0}$

此效率一般大于 0.8。对于不同工作性质的油泵，其允许下降的程度也有所不同。在一般情况下，效率下降于 0.65 左右即认为应该修理或更换。

2) 溢流阀的诊断 将检测仪安装在溢流阀的后面，如图 1-1-13 所示。调整负荷调节手柄，使压力逐渐升高，观察流量的变化情况。当流量突然显著降低时，即表明溢流阀已经打开，记下此时的压力值。然后继续旋动手柄，直至压力不再升高为止，此时的压力即为系统的最高压力。当以上测得的两个压力值不符合规定值时，一般可以通过调整恢复正常。当不能同时满足两个指标要求时，则系弹簧刚度不符合要求，应予更换。此外，也可能由于锈蚀等原因而出现卡住等现象，则应修理之。

3) 操纵阀的诊断 操纵阀的每一个工作位置都有进油道和回油道，诊断时要逐档进行。将检测仪的进口与操纵阀进油道的出口相接和将检测仪的出口与操纵阀的回油道进口相接，即构成测试回路。测试的方法与油泵的测试方法相同。读取压力为零时的流量和规定工作压力下的流量，并求其在规定工作压力时的流量与零压时的流量的比值，即为油泵与操纵阀的联合效率。设此效率为 $\eta_{\text{合}}$ ，则操纵阀的效率为：

$$\eta_{\text{操}} = \frac{\eta_{\text{合}}}{\eta_{\text{泵}}}$$

4) 马达的诊断 对马达进行直接诊断是较困难的，一般只能通过测定它的驱动速度来换算它的效率。例如理论的行走速度或起升速度为 U_0 ，实测的速度为 V ，则此时的总效率

为： $\eta_{\text{总}} = \frac{V}{U_0}$ ，而 $\eta_{\text{总}} = \eta_{\text{合}} \cdot \eta_{\text{马}}$ 。故马达的效率为：

$$\eta_{\text{马}} = \frac{\eta_{\text{总}}}{\eta_{\text{合}}}$$

5) 油缸的诊断 油缸的诊断可以信照马达的诊断方法进行。但当被用作起升油缸时，可以在起升直接拆开回油管检查其内漏情况。

四、内燃机几项指标的诊断

(一) 内燃机功率的无负荷动态测定

工程机械中广泛采用内燃发动机作为动力。内燃机的功率是一个综合指标，通过对功率的测定即可确定它的总的技术状况。因而在工程机械的诊断中占有重要地位。

发动机功率测定的方法很多，但在使用中测定时，近年来动态测功的方法已受到广泛的重视。这种方法的特点是不需给发动机外加负荷，而是在发动机加速条件下利用其自身的运

动零件所产生的惯性力作为负载进行测定的。具体的方法可以用测定瞬时角加速度的方法和测定一定转速范围内的自由加速时间的方法。

对一定的发动机，所有运动零件换算到曲轴上的转动惯量是一定的，令其为 J 。那么，发动机在加速运转时，其惯性载荷为：

$$M = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1-1)$$

式中 $\omega = \pi n/30$ 为曲轴角速度， n 为曲轴转速，将扭矩 T 代入有效率 Pe 的计算式：

$$Pe = 0.1047T \cdot n \cdot 10^{-3} = 0.1047 \frac{Jm}{30} \frac{dn}{dt} \times 10^{-3} = c \frac{dn}{dt} \quad (1-2)$$

式中常数 $c = 0.1047 \frac{Jm}{30} \times 10^{-3}$ ，式 (1-2) 表明只要得知被测发动机的 n 值，就可以通

过测取发动机加速度 $\frac{dn}{dt}$ 来判断它的动力性能，因为 $\frac{dn}{dt}$ 是瞬态参数，所以式 (1-2) 计算得的也只是 n 转速下的瞬时功率，在实际操作有一定的困难，比较可行的办法是 n_1 和 n_2 两个转速之间的平均功率即把式 (1-2) 的微观概念予以宏观化，这一方法的理论依据是认为发动机曲轴转动所作的功等于曲轴旋转动能 A 的增量，数学表达式为：

$$A = \frac{1}{2} J (\omega_2^2 - \omega_1^2) \quad (1-3)$$

设角速度由 ω_1 加速到 ω_2 经历的时间为 Δt ，则这一时间间隔的平均功率为

$$P_m = \frac{A}{\Delta t} = \frac{J(\omega_2^2 - \omega_1^2)}{2\Delta t} = \frac{J}{2\Delta t} \times \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 (n_2^2 - n_1^2) \quad (1-4)$$

$$\text{即：} P_m = \frac{K}{\Delta t}$$

$$\text{式中常数 } K = \frac{1}{2} J \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 (n_2^2 - n_1^2)$$

(二) 内燃机压缩性能检验

1. 气缸与活塞组密封性的技术要求

气缸压缩终了时的压力与压缩比、曲轴转速、机油粘度及气缸活塞组的技术状况有关。气缸压力的检验，不但可以判断发动机的技术状况，同时根据诊断时出现的症状还能判明是气缸与活塞组漏气，还是气门与气门座不密合，以及能够查各个气缸的磨损和漏气情况。

为确保发动机具有一定的动力性和经济性，对汽油机，要求气缸压力不低于原厂规定标准值的 10%；对柴油机，则不得低于原厂规定标准值的 20%。同时，为保证发动机平稳工作，各缸压力差，汽油机不得超过 10%；柴油机不得超过 8%。

测得的气缸压力，超过原厂规定值的 10%，是燃烧室内积炭过多，气缸衬垫过大或机体、缸盖磨削过甚之故。

测得的气缸压力低时，须进一步诊断，可由火花塞孔注入 20~25ml 新机油，再测气缸压力，若气缸力与加注相同，说明气门漏气；若测得的气缸压力与加注机油前有所增加，说明缸壁、活塞、活塞环等磨损严重。

2. 曲轴箱窜气量的测定

曲轴箱窜气是表明发动机工作时，气活塞组总成的技术状况。气缸活塞组和活塞环等磨损，间隙增大，窜入曲轴箱的气体量（燃烧废气与可燃混合气）将增加，所以窜入曲轴箱体数量可以作为衡量气缸活塞组磨损情况的一个尺度。另外曲轴箱窜气量还与发动机的负荷、转速及曲轴箱的密封性有关。

应该注意，测量曲轴箱漏气量时，除气体引出口外其它所有与大气相通的孔口都必须在严加封住的条件下进行，否则，测量结果是不可靠的。为了避免由于曲轴箱内气体与大气的压差而在某些难以密封的通路中产生漏损，近年来国外已提出了在引出管路中接入真空装置而将曲轴箱中的气体吸出的办法。这样，可以通过调节真空度的大小，使曲轴箱内的气体压力达到与大气压力相等，从而基本可以消除上述的漏损。这无疑是一种提高测量精确度的有效方法。

3. 气门漏气检验

气门漏气，也是影响发动机压缩性能的常见因素。它的检验方法只能采用充气方法，即从火花塞孔和喷油器孔向气缸充气，并可别在进气歧管或排气歧管的总管接头外进行流量测定。但对于气缸数较多的发动机，因为曲轴处于任何位置都有某个气缸的进气门和排气门同时处于开启状态，这时进入某一歧管的气体可以通过气缸的进气门和排气门而流入到另一个歧管中，因而测量结果不能分辨是进气门的漏损还排气门的漏损。但对气缸较少的发动机却不存在这些问题。以四缸发动机为例，当将曲轴转到压缩终了的上止点位置后 90° 处，则任一气缸都没有进、排气门同时开启的情况，这时即可分别测出进气门和排气门的漏损量。当气门存在漏损时，一般漏损量都较大，充气时不需很高压力，因为在活塞处于非上止点位置时，较高的压力会推动曲轴旋转，使测量无法进行。

五、柴油机供油提前角的测定

（一）静态测定

将油泵中各出油阀取出，用一短弯管代替高压油管接到出油阀接头中；再置一盛有燃油的小油箱于弯管最高处的小平面以上某一高度处，并从油箱下部引出一油管使与高压油泵进油管接通，此时当油泵柱塞处于套筒下部位置时，小油箱中的燃油在重力作用下流入油泵，并经套筒上的进油孔和出油阀座从弯管流出，这时缓慢转动曲轴，使之推动柱塞上升，并观察油的流出情况。当柱塞上升到其头部将套筒上的进油孔关闭时，即可观察到油流停止，根据这一时刻的飞轮上的上止点记号滞后于壳体上的记号的相应曲轴转角，即为所测到的供油