

液压设备 设计、生产、

**技术改进与故障诊断
监测及国内外标准规范**

实用手册

北方工业出版社

经过安装和清洗后,系统必须进行试压,以检查系统是否漏油、是否耐压,打压是检查质量的最后一道防线。工作系统试验压力约为工作压力的 1.5 倍~2 倍。试压时要分级加压,并把所有放气阀打开,排除空气后关闭。如果系统出现噪声,应立即停止试验,待排除故障后再继续试验。打压的介质一般选用清水,打压过程是在管道联网完成后先用水泵打到实验压力,保压 10min,卸压到工作压力,检查泄漏情况。打压完成后要将管道内的水排空、排净。这一步骤看来简单但影响却极大。若管道内的水排不净,充油后就会造成介质的乳化变质,严重时会影响系统的工作性能。

(2)其他试验

液压泵在试验中应考虑轴的平稳性和轴的同心性。前者通过手动泵轴检查。如果运转不平稳应从装配同心度、壳体压紧力、单面压紧等方面检查,查明原因加以反应,使运转平稳;轴的同心性在装配中应加以考虑和克服。

此外应进行以下试验:①确定各管的 P 口—液压缸控制管,进行 P 线压力试验。②蓄能器填充氮气,压力试漏。③确认各阀、仪表类是否漏油。④伺服阀、比例阀单位调试,电气方面配合实施。⑤动作手动调整,确认机械之间有无卡阻、相碰情况。完成伺服阀的极性检测;PT 极性检测;传感器检测和信号调整。

二、运转调试的主要内容

设备安装与试验合格之后,须进行运转调试,这项工作就是在正常运转状态下,对设备做一些调整,使设备达到技术性能,满足生产工艺对设备提出的各项要求。

运转调试的主要内容是:对液压系统各个工作循环和组成循环的各个动作的运动参数,如力(转矩)、速度、加速度,行程的始点和终点,各动作的时间和整个循环的总时间等,调整到正确的数值,使系统有正确的可靠的工作循环。

测定系统的功率损失和温升。如果损失大,温升较高时,就会影响系统正常工作,则应分析原因,采取措施加以解决。

检测力(转矩)、速度和行程的可调性,操作方面的可靠性。如发现问题应予以校正。

运转调试应用文字记录,经过核准后,纳入设备技术档案,作为设备维修原始技术依据,对液压设备故障原因诊断有很重要的作用。

三、运转调试的步骤

(1)调试前准备

1)熟悉液压设备的工作性能。阅读研究液压设备的使用说明书及有关技术资料,全面了解设备的结构、性能,工作周期,加工对象,使用要求和操作方法,以及机械、电气、气动与液压系统的相互关系。

2)熟悉所有液压元件的工作特性。读懂液压原理图,弄清楚液压元件的作用、结构、性能和调整部位,以及各个元件在主机上的实际位置。

3)熟悉液压设备上的机械、电气、气动和液压之间相互联锁保险装置及其作用。

4)熟悉液压系统用油的牌号和要求,严格按照所要求的油品准备油料。

5)分析液压系统循环压力变化、循环速度变化,以及液压系统功率利用等情况。

6)确定调试和测量项目及其顺序。每项测量方法力求简便可靠,并要考虑有无发生设备事故和人身事故的可能性,事先采取可靠措施,杜绝事故发生。

7)准备好调试测量工具、仪表等物资。

8)外观检查。新设备和修理后设备均需进行外观检查,其目的是对影响液压系统正常可靠工作的有关因素以及制造、装配、安装质量状况作一般性检查,以做到了解液压设备综合状况。外观检查主要有以下一些方面:①各部位是否清理干净。因为灰污是影响液压系统正常工作和使用寿命的主要因素。因此液压设备的各个部位都应保持规定的清洁度。②各液压元件的管道连接是否正确可靠,各液压元件的安装是否正确、可靠。如液压泵的入口、出口和旋转方向与泵上标明的是否相符;各个阀的进出油口、泄油口的位置有无差错。通常方向阀安装时应保持轴线水平,电磁换向阀的回油口、泄油口不应有背压,否则应设回油管。蓄能器应垂直安装,方向向上。③所用油液是否符合要求,油箱中油位是否合适,不足应补充同牌号的油液。④用手转动液压泵电动机时,转动是否轻松、均匀。机械传动部位的润滑调整是否符合要求。各压力表是否处于关闭位置。⑤切屑、冷却液、磨粉、灰尘等杂物不得有落入油箱的可能性。各个液压元件、部件的防护装置应具备且完好。各油管接头应安装牢固可靠。管卡应配齐、紧固。各操纵挡块的位置应正常。

外观检查中,如发现有问题,应马上消除,否则不得进行调试运转。

(2)实际调试

1)空载运转。设备空载运转是全面检查液压系统各回路和各个液压元件,各种辅助装置的工作是否正常可靠,工作循环或各种动作的自动转接是否符合要求,以便做好负荷运转的准备工作。具体步骤可参照下列各项进行:①液压泵卸荷压力是否在允许数值内,声音是否正常。②油箱中液面表面是否有空气泡沫,油位高度是否在规定范围内。③试验时应将溢流阀全部打开再启动液压泵,运转十多分钟后无异常现象,才能将压力徐徐调节到规定值,以防液压泵损坏。④用手操纵换向阀,使工作液压缸以最大行程作多次往复运动或使马达在某种速度下转动。其目的是排除积存在液压系统中的空气。⑤检查所有压力阀,压力继电器等压力调节元件工作的正确性和可靠性。其方法是将运动部件顶住在刚性挡块上或用其他方式使运动部件停止移动,用压力表测试。⑥检查液压缸在大行程、大速度下运动是否正常。⑦检查系统中各元件及管道有无外泄漏和内泄漏。其数值是否在允许范围内。由于油液进入管道和液压缸中,油箱中的油位随之下降,应补加油至规定高度范围。⑧各部件在空载条件下按预定的自动工作循环或工作顺序试运动,检查各个动作是否协调可靠、运动的节拍是否正确,各液压传动机构工作行程及作用时间是否正确。⑨检查各工作部件启动,换向和速度换接时的运动是否平稳可靠,是否有爬行、冲

击跳动等现象。自动润滑是否正常,联锁保险装置的工作是否协调可靠,动作的灵敏性能是否达到规定的技术要求。⑩在液压缸直线往复运动的整个长度上,通过对压力表指针的观察,检查设备各有关部件装配、调整及其制造质量。⑪在液压系统空载连续运行一段时间后,检查工作油液温升,其值不应超过规定值。⑫空载运转和存在的某些故障排除后,若液压元件均能正常地、可靠地工作时,便可进行负载运转。

2)负载运转。负载运转是液压系统按实际工作要求或按设计预定的负载进行工作。检查内容主要有以下一些方面:①液压系统能否实现力和速度等基本参数要求。工作部件运动、换向、速度换接时的平稳性,不允许存在爬行、跳动和冲击现象。②噪声、振动是否在允许范围内,各元件、管道内外泄漏状况。③液压系统功率损失状况,运转一定时间后温升状况。④负载运转应注意不要立即按最大负载进行试运转,而应在低于最大负载一、二个档次进行试运转。如果一切正常,再按最大负载运行,这样可以避免出现设备损坏等事故。⑤安装、调试后期,工程技术管理人员应整理好以下技术资料:液压系统施工记录;系统冲洗记录;试压记录;调试记录;各种检测报告,包括焊缝探伤检查报告、清洁度检测报告、各种自控仪表(如压力计、温度计、传感器等)的校验合格证;产品合格证。

第十一章 液压油样分析与污染控制

第一节 液压油劣化现场监测方法

液压油使用到何种程度应该换油,这是目前使用单位经常遇到的实际问题。现场检测液压油可有效地解决这个问题。在现场检测中,有条件的单位可以采用定量化验的手段,而许多单位受现场条件限制,只能用简易的经验方法。

一、几种现场检测液压油的方法

(1)外观检测

外观检测主要是通过观察油的颜色和气味来进行判断的。如油的颜色变浅,应考虑是否混入了稀释油,必要时测量油的粘度。如果油的颜色变深,稍微发黑,则表明油已开始变质或被污染。此时,若油的工作时间不长,可能是过滤器失效或有其他污染途径。如果油的颜色变得更深,不透明,并浑浊,这表明油已完全劣化或严重污染。如果油本身颜色没有多大变化,只是浑浊,不透明,这往往是油中混入了水,至少有0.03%的水。必要时可进行水分测定。但必须注意,有些高级液压油在初装到油箱里时,看起来好象浑浊,经过一段运转后,便透明了,并没有丧失原有性质,这应当看作是正常的。

通过外观检测对液压油的优劣进行判断及处理方法如表7-11-1所示。

表7-11-1 液压油污染程度及处理表

| 外观 | 气味 | 状态 | 处理方法 |
|---------|----|--------|---------------|
| 色透明无变化 | 良 | 良 | 仍然可使用 |
| 透明但色变淡 | 良 | 混入别种油 | 检查粘度、若好可再使用 |
| 变成乳白色 | 良 | 混入空气和水 | 分离掉水分;部分或全部换油 |
| 变成黑褐色 | 不好 | 氧化变质 | 全部更换 |
| 透明而有小黑点 | 良 | 混入杂质 | 过滤后使用;部分或全部换油 |
| 透明而闪光 | 良 | 混入金属粉末 | 过滤后使用;部分或全部换油 |

(2)粘度测量

粘度是表示液压油粘稠程度的物理量,衡量液压油优劣的主要指标。在化验室可通

过运动粘度仪进行定量测定。其测定值与新油的运动粘度进行比较,若变化量超出 $\pm 5\%$ 的变化范围,应更换液压油。

现场简易检测时可采用直径为15~20mm,长为150~180mm的两根试管,分别在试管中装入三分之二高的同一型号的新旧两种油,均封好管口。在同一温度下,使两者同时倒置,分别记录油中气泡上升的时间,如果新旧油之间的流动时间差超过10%时,则表明旧油的粘度已增加或下降了10%。目前国内外粘度变化控制范围在 $\pm 10\% \sim \pm 15\%$,超过这个控制范围,则应考虑去除杂质或换油。

(3)水分测定

水分是液压油中的含水量,是液压油中的液体污染物。液压油中的含水量一般用百分率表示。

化验室测定其含水量的标准方法是卡尔—费歇尔(KAYL—FISHEY)法,主要用于测定液压油中微量水分的含量。若操作仔细,最小可测定1ppm(10^{-6})。这种方法的重复精度为 11×10^{-6} ,灵敏度为 $(50 \sim 1000) \times 10^{-6}$ 。

现场可采用经验测定方法:取一只试管($\phi 15 \times 150\text{mm}$),将油样注入试管50mm高,再将试管中的油样充分摇晃均匀,用试管夹夹住放在酒精灯上加热。如果没有显著的响声,可认定不含水分。如果发生不断的连续响声,而且持续在20~30s以内,响声消失,则可估计其含水量小于0.03%,连续响声持续到40~50s以上时,可粗略估计其含水量为0.05%~0.10%,这时应考虑离心除水或换油。

另外,也可采用滤纸法测试。如果油滴扩散边缘有花边状浸润,也说明油中含水量超标。还可用观察液压油浑浊程度评定液压油中的含水量。

(4)机械杂质测定

液压油中机械杂质包括从外部混入的夹杂物(如切屑、焊渣、磨料、锈片、漆片、纤维末),工作中系统本身不断产生的污垢(如元件磨损生成的金属粉末、密封材料的磨损颗粒和在油中溶解或生成的硬化杂质)。这些颗粒杂质严重地影响着液压系统的正常工作,如阻塞孔道、加剧元件磨损。液压油中机械杂质是液压油中固体污染物的主要成分。

在各种污染物中固体污染物是液压系统最普遍,且危害性最大的污染物。根据经验,在由污染物造成的液压系统故障中,至少70%是由于固体颗粒污染物所造成的。因此及时检测液压油中的机械杂质,采取相应措施,不但能保证系统用油质量,而且还可以延长液压元件的使用寿命,确保液压系统的正常工作。

1)检测固体颗粒污染物的定量方法。主要采用计数法、称重法、光谱法和铁谱法。其中光谱法和铁谱法主要用来判断液压系统的故障部位。计数法是指一定体积液压油中所含各个尺寸颗粒的数目,即用“颗粒尺寸分布”来表示液压油污染程度的一种方法。标准如表7-11-2所示。液压油允许污染等级如表7-11-3所示。重量法是指用阻留在滤油器上污物的重量来表示液压油污染程度的一种方法。这种方法通常是使100mL的介质通过微孔尺寸为0.8mm的滤纸以阻留污染物。测定方法简单容易,但不能反映颗粒的尺

第七篇 液压机械设备故障诊断监测

寸分布,不便于污染源的分析。其污染等级标准如表 7-11-4、表 7-11-5 所示。

表 7-11-2 NAS1638 污染等级标准(100mL 中的微粒数)

| 污染等级 | 颗粒尺寸范围/ μm | | | | |
|------|-----------------------|--------|-------|--------|------|
| | 5~15 | 15~25 | 25~50 | 50~100 | >100 |
| 00 | 125 | 22 | 4 | 1 | 0 |
| 0 | 250 | 44 | 8 | 2 | 0 |
| 1 | 500 | 89 | 16 | 3 | 1 |
| 2 | 1000 | 178 | 32 | 6 | 1 |
| 3 | 2000 | 350 | 63 | 11 | 2 |
| 4 | 4000 | 712 | 126 | 22 | 4 |
| 5 | 8000 | 1425 | 253 | 45 | 8 |
| 6 | 16000 | 2850 | 506 | 90 | 16 |
| 7 | 32000 | 5700 | 1012 | 180 | 32 |
| 8 | 64000 | 11400 | 2025 | 360 | 64 |
| 9 | 128000 | 22800 | 4050 | 720 | 128 |
| 10 | 256000 | 45600 | 8100 | 1440 | 256 |
| 11 | 512000 | 91200 | 16200 | 2880 | 512 |
| 12 | 1024000 | 182400 | 32400 | 5760 | 1024 |

表 7-11-3 液压油允许污染等级(NAS1638 标准)

| 使用条件 | 一般液压系统 | 使用伺服阀或 $10\mu\text{m}$ 以上滤油器的液压系统 | 在使用电磁阀或流量控制阀的系统中,具有微小流量控制元件和径向间隙在 $15\mu\text{m}$ 以下的相对滑动元件 | 作为液压系统安全装置(或长时间加压状态下不动的保险装置有电磁阀或其他精密控制阀) | 液压元件或装置的试验台 |
|------|--------|-----------------------------------|---|--|-------------|
| 计数法 | | 9 | 11 | 12 | 12 |
| 重量法 | G | 101 | 102 | 108 | 108 |

表 7-11-4 MILSTD1246 污染等级标准(100mL 中的重量)

| 污染等级 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 |
|-------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 重量/mg | 0.02 | 0.05 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 2.0 | 4.0 |

表 7-11-5 NAS1638 污染等级标准(100mL 中的重量)

| 污染等级 | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------|-------|
| 重量/mg | 1 | 1~2 | 2~3 | 3~4 | 4~5 | 5~7 | 7~10 | 10~15 | 15~25 |

2)现场检测液压油机械杂质的经验方法。目测法是用肉眼直接观察油液被污染程度的方法。由于人眼的能见度下限是 $40\mu\text{m}$,所以能观察出杂质的油已经是很脏了,必须更换。这项检测通常首先进行。

滤纸试验法是把用过的一滴油滴在 240 目($9216\text{孔}/\text{cm}^2$)的滤纸上,滤纸在吸干这滴油后形成一种特定的形式,根据这种形式鉴别出油的污染程度。几种典型的试验结果如图 7-11-1 所示。

图 7-11-1a 所示为扩散性特别高,不溶性污物少。油滴中心颜色一般较浅,外圈不明显,油仍可用。

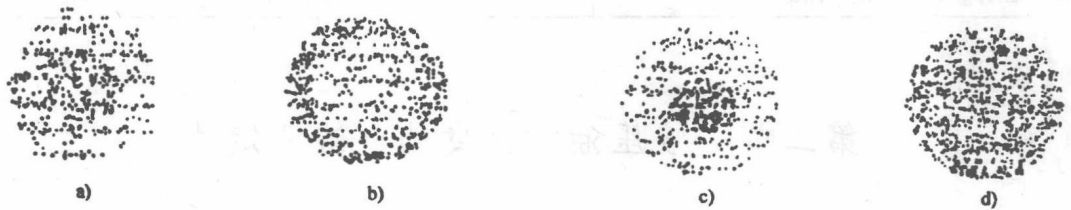


图 7-11-1 几种典型的试验结果

图 7-11-1b 所示为扩散性高,不溶性污物中等,油滴中心颜色很淡,外部有个昏圈,油也仍可用。图 7-11-1c 所示为外圈清晰,有一个分布均匀的暗色中心,油不能用。图 7-11-1d 所示为外圈很清晰,圈内呈均布的暗色。油滴颜色的浓度随污染而变,油不能用。

二、液压油的更换指标

目前工程机械液压系统采用按周期换油或按摩托小时换油的做法。如有的工程机械液压系统规定 1200 摩托小时更换液压油,如表 7-11-6 所示。在维护液压系统时,对使用过的液压油,表 7-11-7 中的参数更有说服力。一般情况表 7-11-7 所示的有三项超标,应更换液压油,但若固体颗粒有一项超标就应更换液压油。

在液压油的现场检测中,应先进行经验检测,根据观察到的油的污染情况,决定是否继续需要量化检测。根据检测的结果,确定对液压油采取(半换油、全换油或过滤)何种措施。这样就可确保液压系统中液压油的质量,从而减小系统故障,提高系统的可靠度。

表 7-11-6 液压油更换周期

| 液压油种类 | 普通液压油 | 专用液压油 | 机械油 | 汽轮机油 |
|--------|-------|-------|-----|------|
| 更换周期/月 | 12~18 | 12 | 6 | 12 |

表 7-11-7 液压油更换极限标准

| 液压油性能 | 液压油种类 | | |
|------------|--------|--------|-------|
| | 普通液压油 | 抗磨液压油 | 低凝液压油 |
| 40℃粘度变化(%) | ±10~15 | ±10~15 | ±10 |

| 液压油性能 | 液压油种类 | | |
|-------------------|-------|-------|-------|
| | 普通液压油 | 抗磨液压油 | 低凝液压油 |
| 污垢含量/(mg/100mL) | 10 | 10 | 10 |
| 水分(%) | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 酸值增加/(mgKOH/g) | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| 钢片腐蚀/(100°C·3h) | 2 | 2 | 2 |
| 闪点(开口)变化/°C | -60 | -60 | -60 |
| 固体颗粒污染度/(NAS1638) | 10~11 | 10~11 | 10~11 |

第二节 液压油污染度的电流测定法

一、电流法测量

实验证明,当电场 E 不很强(远小于击穿电场)时,电介质中的导电电流服从微分欧姆定律,如图 4-11-2 所示。在充满油介质的两平行板电极间,垂直电场 E 取微矩形面积 ds ,则 ds 面上电流密度 j 为

$$j = dI/ds = nqv = nq\mu E$$

式中 n ——单位体积内载流子数目;

q ——载流子的电量;

v ——载流子沿电场方向漂移的平均速度;

μ ——载流子的迁移率($=v/E$)。

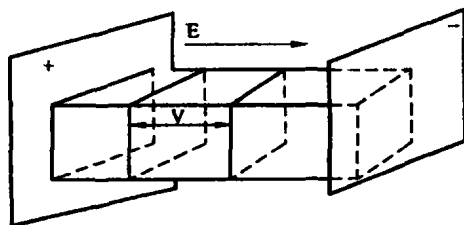


图 7-11-2 平行板间载流子导电模型

设污染油中有 m 种载流子,则电流密度 j 为

$$j = \sum_{i=1}^m n_i q_i \mu_i E_i$$

污染油介质的电导电流密度 j 取决于电场 E 、载流子种类、浓度及迁移率 μ 。在高压静电场作用下油液内存在电导电流。洁净的液压油液是不导电的,其电流可忽略不计,因此静电场作用下油液的电导电流 I 仅取决于油液的污染度。

二、监测原理与实验

图 7-11-3 为利用 C-V 传感器对油液电导电流进行测量的原理图。在 C-V 传感器正电极端加恒值高直流压 V_0 , 充满两电极间的油液中便产生电导电流 I , 由恒值电阻转换成电压 V , 经接口电路, 由微机读取其数值。在一定温度下, 污染度变化时, 此电压值也随着发生变化。在系统调定后, 一定的电压值范围将对应某一污染度范围。

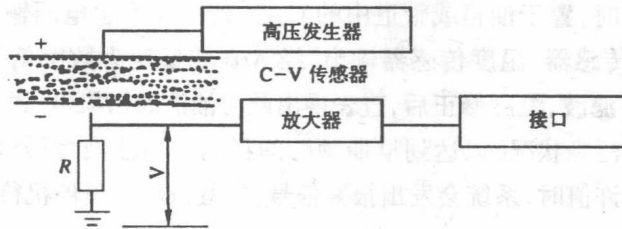


图 7-11-3 电流法原理简图

实验证明, 当温度变化时, 电导电流将随之变化, 因此, 应加入温度测量, 以便进行温度修正。实验油样为 L-HV6 号液压油, 采用了 GJF 型恒电压发生器, C-V 传感器为多片电容式传感器。油样的配制方法为混合法, 用颗粒计数器检验其污染度等级, 直至符合标准 (NAS1638) 污染等级。实验结果如图 7-11-4 所示。

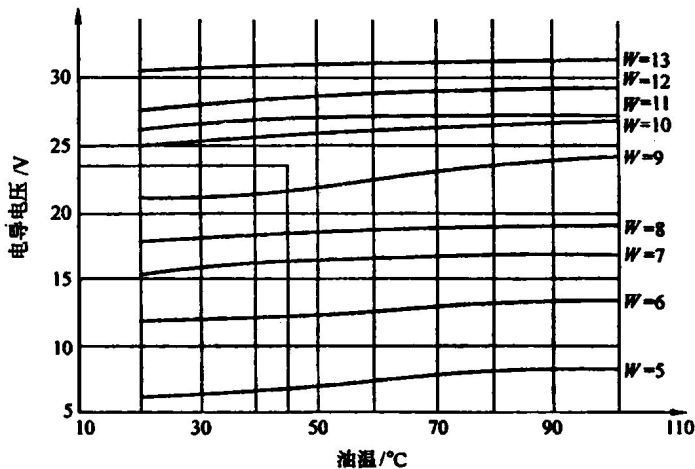


图 7-11-4 电导电压与油液污染度和温度关系图

图 7-11-4 中纵坐标为电导电压 V , 横坐标为油温, W 为污染度 (NAS1638) 等级, 其显示了不同温度时, 电导电流与污染度 W 的关系。可以看出, 油液的电导电流随污染度的增大而增大。因此可以认为油介质电导电流主要是由于污染杂质引起的。根据图 7-11-4

可以建立污染度等级与输出电压、温度的关系表,污染度的判定采用对比法(或查表法),根据电流及油液温度来确定油液的污染度。

三、系统实现原理

从可靠性、通用性和性能价格比,兼顾在机械装备中的推广应用需要及未来市场需求等方面综合考虑,选择 MCS-51 单片机作为检测系统主机,硬件结构原理如图 7-11-5 所示。

系统以单片机 80C31 为核心,包括 C-V 传感器、温度传感器、超限报警电路、打印及键盘与显示电路等。输出回路由 C-V 传感器。温度传感器及相应的放大电路、A/D 等组成。液压系统工作时,置于油箱或管道中的 C-V 传感器产生电压输出,系统以一定的采样周期采样 C-V 传感器、温度传感器输出,经 A/D 转换变为数字信号,送入中央处理器 CPU, CPU 经过数字滤波,温度修正后,查表得出此时油液的污染度,送 LCD 显示,以便操作手了解此时的油液污染状况,以达到早期预防的目的。当油液污染度接近该种液压系统油液污染度最大允许值时,系统会发出报警信号,提醒操作人员停机待修或处理。

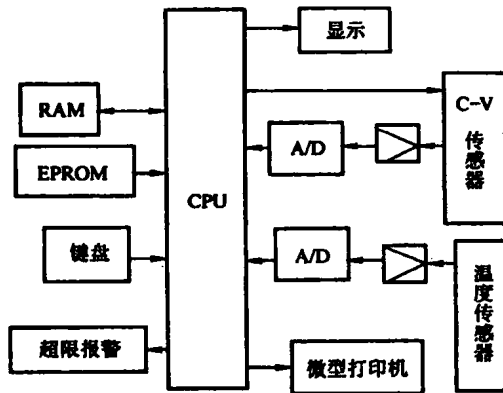


图 7-11-5 检测系统硬件原理图

第三节 铁谱分析在液压故障诊断中的应用

一、铁谱分析原理

液压系统在运行过程中磨损与腐蚀产生的剥落物混入油中,通过观察与测量油液中磨损粉末的形态、大小、颜色与数量等可判断出液压系统的磨损与腐蚀情况,铁谱技术便是常用的油液测试分析技术。

铁谱技术用以分离磨粒的装置如图 7-11-6 所示。通过微量泵将一定容量的油样抽入胶管中,然后沿着一倾斜的玻璃铁谱片流进贮油杯,油样中的磨粒在玻璃片下的磁铁作用下,磨粒滞留在铁谱片上,沿流动方向从大到小分布,不同大小磨粒沿磁场方向呈链状排列。

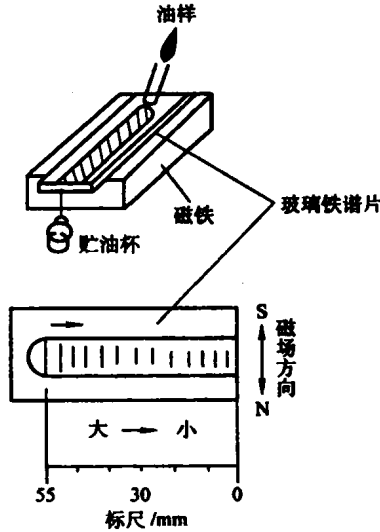


图 7-11-6 分离磨粒的装置

现代分离和分析磨粒的仪器有直读式铁谱仪、分析式铁谱仪和在线式铁谱仪三种。

直读式铁谱仪主要用来直接检测油样中磨粒的浓度及尺寸分布,仅能作磨粒的定量分析。其优点是结构较简单,能快速测定,适合于现场使用。分析式铁谱仪主要用来制备铁谱片,以供对磨粒进行定性观测和定量分析。其优点是可以精细、准确地考察铁谱片上各种磨粒的类型、形态、成分以及微量元素。在线式铁谱仪则直接与被监控的系统相接,无需采集油样就能对设备进行监控。其优点不仅是方便,而且具有监控的连续性和适时性,因此在固定式机械设备和机械加工流水线上很适用。

用直读式铁谱仪作定量分析时,表明磨损变化程度的特征量为 I_C , I_s 和 I_d 。

总磨损指数 I_C 为

$$I_C = D_L + D_s$$

磨损严重性指数 I_s 为

$$I_s = D_L - D_s$$

磨损度指数 I_d 为

$$I_d = (D_L + D_s)(D_L - D_s) = D_L^2 - D_s^2$$

式中 D_L ——大于 $5\mu\text{m}$ 的磨粒含量,即铁谱仪上光密度或浓度读数值;

D_s ——小于 $5\mu\text{m}$ 的磨粒含量。

通过分析 I_c 、 I_s 和 I_d 值是否出现突然升高的趋势,可鉴别不正常磨损状态是否发生。

大于 $5\mu\text{m}$ 的磨粒大量出现,是严重磨损状态的征兆,当出现尺寸为 1mm 的磨粒时,表明机器已处于灾难性的磨损状态,故障就要发生。

用铁谱技术作定性分析时,根据磨损机理,通常将磨损分为粘着磨损、磨料磨损、腐蚀磨损和疲劳磨损,磨损产生的各类磨粒及形态如表 7-11-8 所示。

表 7-11-8 磨粒磨损及形态表

| 名称 | 形态 | 大小/ μm | 颜色 | 发生原因 |
|--------|---|------------------------------|--------|---------------------------|
| 正常磨损颗粒 |  | 1~15 | 金属色 | 跑合运行时,原形成的剪断复合层剥离产生正常磨损粉末 |
| 疲劳磨损颗粒 |  | 15~50 | 金属色 | 齿轮表面反复应力引起剥离 |
| 球状颗粒 |  | 1~5 | 中央白色发亮 | 油在滚动轴承的裂缝中流动产生球形颗粒 |
| 切削磨损颗粒 |  | $L=3\sim 200$ $W=2\sim 5$ | 金属色 | 砂粒等异物进入引起切削 |
| 铁锈颗粒 |  | 1~150 | 橙色 | 油中可能含有水分 |
| 结晶质颗粒 |  | 1~50 | 透明偏振闪光 | 混入砂、异物和过滤器损坏等 |

二、铁谱技术在液压故障诊断中应用实例

(1) 打包机液压系统的监测

该设备液压系统采用铁谱技术进行状态监控,从油箱取样,开始 3 周每周取一次样,以后每 4 周取一次样。将其铁谱分析读数结果绘成累积磨损量和磨损严重性历时变化曲线,如图 7-11-7 所示。

由图中曲线变化趋势可看出,该设备液压系统从开始运行到接近 A 点这段时间里, I_c 、 I_s 沿直线趋势变化。这说明磨损比较稳定,属正常工作状态。但运行到 A 点以后,在 A、B 这段时间里, I_c 与 I_s 曲线斜率发生突变,这说明整个液压系统从 A 点开始出现异常磨损状态。经铁谱分析,还查明 B 点油样中除发现大块黑的炭质碎屑外。其他金属磨粒

均正常。使用单位怀疑油质不纯,现得到证实。经重新换了新油后,液压系统又恢复到正常磨损状态,并由此得出该系统须每年换两次油的结论。

(2)大型多头柱塞式模锻机液压系统的监测

在动力部件滤杯处取油样,每周一次不间断地采集,经铁谱分析后的累积磨损总量和磨损历时变化曲线如图 7-11-8 所示。

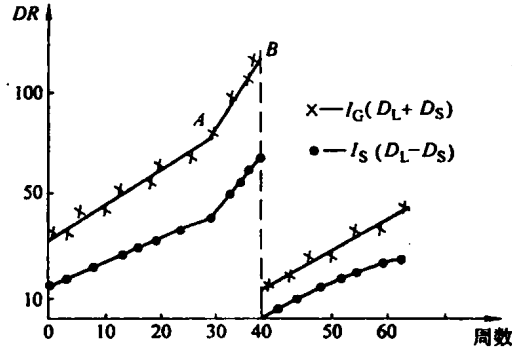


图 7-11-7 磨损严重性历时变化曲线

由图 7-11-8 可以看出,开始一段 I_G 、 I_S 曲线较陡,这是由于操作无经验采样错误造成的,然后转正常状态,当运行至 A 点之后, I_G 、 I_S 曲线变陡,说明产生异常磨损状态,经铁谱分析查明这段油样中有外部污染碎屑侵入,说明油箱某处密封不良及过滤器过滤性能变差。在对该液压系统重新排油清洗,更换液压油和滤油器之后,液压系统又恢复至正常磨损状态。图中 11~19 周内磨粒正常,20~24 周内虽有所变化但仍属稳定增长状态。25 周以后出现大的陡变。铁谱分析表明,没有不正常的磨粒,这说明很可能是过滤器发生了故障,将过滤器取出检查,果然是过滤器失效。在更换了新过滤器后, I_G 、 I_S 曲线又趋正常。

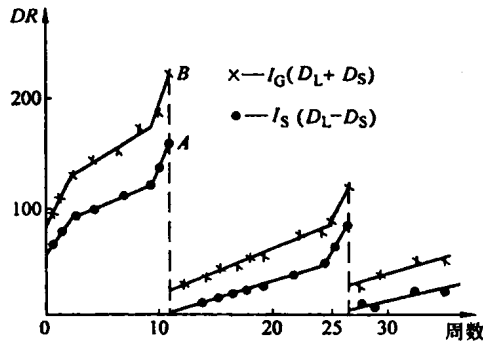


图 7-11-8 磨损严重性历时变化曲线

在实际应用中,根据铁谱技术分析出的磨粒形态、颜色和种类等信息,还可准确地鉴别磨损与故障的部位,以及产生的原因。如在采用斜盘式轴向柱塞泵的液压系统中,经铁谱分析发现油样中有铜粒时,则是来自液压泵滑靴的疲劳磨损。当发现大量非金属的杂

质纤维时,则可能是过滤器有部分损伤。如发现其中有的磨粒呈回火蓝色,则知柱塞泵中存在局部的摩擦高温,这可能来自油泵的配流盘处。如在油样中发现有红色氧化铁磨粒,则可能断定油液中混入了水分。此外,任何黑色氧化铁磨粒的出现,都是不正常磨损的信号。

第四节 油液污染度遮光型自动颗粒计数测定法

一、遮光型自动计数法的原理

遮光型颗粒计数器的原理如图 7-11-9 所示。它的主要特点是采用遮光型传感器。从光源发生的平行光束通过传感区的窗口射向一光敏二极管,传感区部分由透明的光学材料制成,被测试样液沿垂直方向从中通过,在流经窗口使被来自光源的平行光束照射,光敏二极管将接收到的光转换为电压信号,经前置放大器放大后传输到单片机进行计数。光流经传感区的油液中没有任何颗粒时,前置放大器的输出电压为一定值。当油液中有一颗粒进入传感区时,一部分光被颗粒遮挡,光敏二极管接收的光量减弱,于是输出电压产生一个脉冲,其幅度与颗粒的投影面积成正比,由此可确定颗粒的尺寸。

传感器的输出电压信号传输到计数器的模拟比较器后,与预先设置的阈值电压相比较,当电压脉冲幅值大于阈值电压时,单片机即计数。单片机可选用 MCS-51 型。MCS-51 单片机共有两个可编程的计数器,可分别用于记录大于 $5\mu\text{m}$ 颗粒和大于 $15\mu\text{m}$ 颗粒的数量。

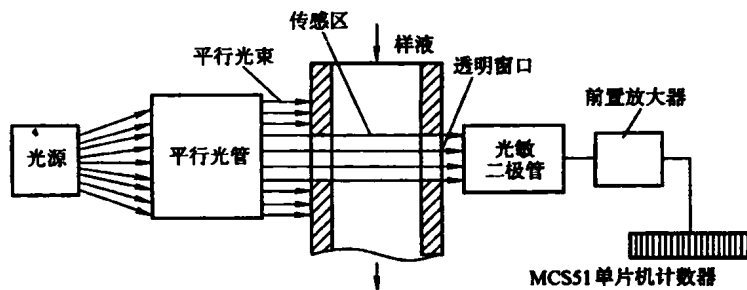


图 7-11-9 遮光型颗粒计数器的原理

对于不同待测液压系统,首先根据允许的污染度等级和相对应的固体颗粒数量,将其对应关系固化于单片机系统的 EPROM 中。当液压系统运行时,单片机将实时采集的电脉冲数量换算成污染度。超过设定值即报警提示排除故障或更换液压油。

二、测定系统硬件与软件

图 7-11-10 为液压系统工作油液污染度监测硬件原理图。监测系统以单片机 MCS-51 为核心,由光电传感器、显示电路、超限报警电路和键盘等构成,由单片机负责集中处理。系统键盘用来设定初始值等。

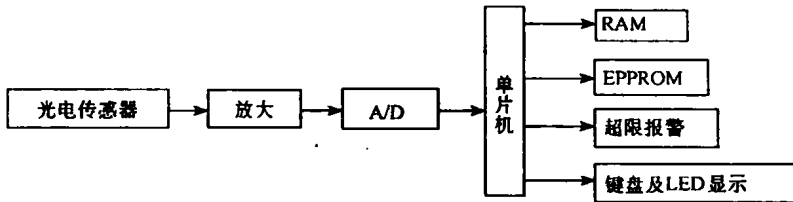


图 7-11-10 液压系统工作油液污染度监测硬件原理图

图 7-11-11 为此系统的软件结构,程序采用模块化结构,分为采样子程序、A/D 转换子程序、数字滤波程序、污染等级确定子程序。

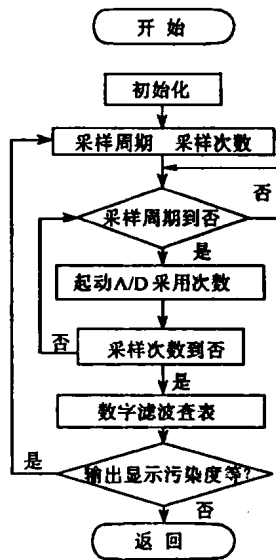


图 7-11-11 软件结构

三、实际使用

采用此方法可以很方便地测定液压系统的污染度。经过液压管路的改装,保证液压油流经传感器的流量平稳或者增设流量传感器,将实时流量参数输入单片机,经过调适可测定任何管道中液压油污染度,这样就可以真正实现在线监测。

第五节 TBM 维护油液污染度检测分析实例

某隧道施工采用了德国 WIRTH 公司引进的全断面隧道掘进机(简称 TBM)。该机除正常掘进刀盘是电驱动外,其余所有执行机构的动作都是通过液压系统来实现的。决定 TBM 寿命的重要元件是 TBM 主轴承,它的润滑系统是保证主轴承寿命也是该机的核心,刀盘驱动的 8 台行星齿轮减速箱的润滑条件也是传动系中的关键。正确地对主液压系统、主轴承及变速油润滑系统进行油液状态监测并及时地采取相应措施是至关重要的。

一、主液压系统、主轴承、刀盘驱动变速箱系统及污染度要求

(1) 液压系统

该系统为整台 TBM 提供液动力源的压力油,由近千根油管、2 个油箱、连接元件、阀件以及连接到控制台的控制和信号线路电液传感接口组成,还包括大量常规的模拟液压压力表和许多数字测量仪表,以便准确监测。所有压力均以 bar10 为单位进行显示,刀盘液压驱动以 MNm 进行测量,推进力以 MN 测定。主液压系统由 PLC 系统进行程序控制。整个 TBM 液压系统由 12 个单独的分系统组成,泵 $P_1 \sim P_4$ 以及 P7、P8 利用一组指令可使其按程序启动和停止,所有泵可单独启动和停止。过滤泵连续运转,对主油箱和锚杆钻机油箱中的液压油进行过滤和冷却。主系统要求污染等级 NAS16387 级。

系统用油: FUCHSVG68; 系统滤油器精度: $12\mu\text{m}$; 过滤器过滤比(β): $\beta_{12} \geq 200$; 过滤器类型: 间隙保护过滤; 对主系统中各类液压元件清洁度要求如表 7-11-9 所示。

锚杆钻机液压系统用油污染等级要求与主液压系统相同。

(2) 主轴承

TBM 主轴承是传递驱动主动力的重要元件,同时受掘进时推进液压缸的压力和掘进过程中强大的转矩及振动,其受力复杂、振动大,该机对主轴承作了全面的保护。

表 7-11-9 TB880E 掘进机各类液压元件清洁度要求(NAS1638)

| 元件名称 | 伺服阀 | 比例阀 | 变量泵 | 插装阀 | 定量柱塞泵 | 叶片泵 | 压力流量控制阀 | 电磁阀 | 齿轮泵 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|---------|-----|-----|
| 清洁度要求 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 |

润滑系统是其主要的保护措施。14001 的 VG460 齿轮油对其润滑。系统中设置了流量监控系统及特殊的 PLC 程序控制: 即当其流量不足时主机停止掘进和驱动刀盘前 10s 先供油润滑,这一系列措施全都是为了保护主轴承有充足的油液润滑。

对特殊设计的迷宫式密封进行注脂,所注 LZW25 型油脂中只能向外溢出,一方面润滑了密封,另一方面阻止了尘埃进入主轴承。