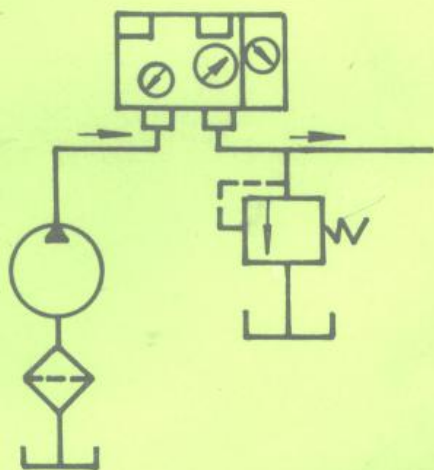




机械故障诊断丛书

液压系统故障诊断

葛思华 编



西安交通大学出版社

8

7H137
G38

368249

机械故障诊断丛书之八

液 压 系 统 故 障 诊 断

葛思华 编



西安交通大学出版社

DY64/35
内 容 提 要

本书是《机械故障诊断》丛书之一。全书共五章。第一章阐述了液压设备诊断技术的现状及意义、液压系统的特点、常用液压油及其特点；第二章分别介绍了液压泵、液压马达、液压缸、液压阀及液压系统的常见故障与排除方法；第三章介绍了液压油污染的原因、危害、控制及控制液压油污染的标准及检测方法；第四章介绍了液压系统的故障诊断方法及故障诊断手段；第五章介绍了液压元件和系统故障诊断的实例。

本书可作为工、农业各部门液压设备维护运行人员和设备管理人员的参考用书，亦可作为大专院校有关专业师生的参考书。

(陕)新登字 007 号



西安交通大学出版社印刷厂印装
陕西省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/32 印张 4.25 字数：85 千字

1992 年 6 月第 1 版 1992 年 6 月第 1 次印刷

印数：1—5 000

ISBN7-5605-0484-1/TH·26 定价：2.55 元

“机械故障诊断丛书”总前言

机械故障诊断技术是有关设备运行、维护的一项新兴技术。它的推广应用不但根本改变了原有设备维修制度,而且在保证设备安全运行、消除设备事故方面起着巨大的作用。当前,机械设备运行状态的监测,已经从单凭直觉的耳听、眼看、手摸发展到采用先进的传感技术、计算机和信息处理技术。新的监测手段,诸如超声、声发射、红外等,层出不穷。人工智能、专家系统、模糊数学等新兴学科在机械故障诊断技术中也找到了用武之地。

近年来,在国家计委、中国设备管理协会和有关学会的大力支持下,机械故障诊断技术在各行各业中推广应用。它已经并将继续在实践中获得巨大的经济效益和社会效益。本丛书是为满足广大工程技术人员的迫切需要而编写的;同时,也希望这套丛书能引起高等学校机械类专业广大师生和有关研究人员的兴趣。

在组织编写这套丛书时要求既注意科学性,又注意实用性。内容有一定的理论深度,力求阐明机械故障断技术的理论基础,努力避免过多的数学推导,既能为广大实际工作者所接受,对研究人员和高等学校的师生也有参考价值。为了尽量节省读者的精力和时间,每本就一个专题编写,简洁明了,以便于读者阅读和使用。

由于各类产业机械既有各自的特点,又有某些共同点,机械故障诊断技术本身又正处于迅速发展的阶段,本丛书在编

写时着重讨论多个行业中机械设备的共同技术问题,诸如轴承、齿轮、转子、润滑油等的监测与诊断,同时尽量向读者介绍和展示一些诊断方面的新技术、新动向,以开阔视野。丛书也注意总结作者的理论研究成果和实际经验,以促进这些成果和经验在生产中发挥应有的作用。

本丛书和广大读者见面之后,编者和作者衷心希望能得到广大读者的反馈信息,以便改进我们的工作,提高丛书的质量。

“机械故障诊断丛书”编辑委员会

1988年2月

前 言

机械故障诊断技术是近 20 多年来迅速发展起来的一门跨学科的新技术。而液压系统故障诊断还是一个较新的研究课题,至今国内外在这方面所作的研究工作还较少。其主要原因是由于大多数液压系统相对其它机械结构尺寸较小,而诊断系统的成本又较高。但是,随着对液压系统可靠性要求的提高,大型、复杂液压系统的增多,特别是计算机技术的发展和广泛应用,液压系统和元件的状态监测及故障诊断日益显出其重要性及可行性。

对于液压系统故障诊断的研究,最终应实现对整个液压系统进行监测和故障诊断。但是,鉴于液压系统所具有的特点:它是以液压油作为工作介质,以压力能的方式传递能量和进行控制的,因此,首先要考虑液压油对液压系统故障的影响、系统中主要液压元件的监测与诊断。例如,液压泵,可以说是液压系统的核心,其性能好坏直接影响到液压系统的性能与功能。为此,本书主要分成两部分内容介绍。一部分内容介绍了液压元件和系统的常见故障与排除方法、液压系统的故障诊断方法、液压元件和系统故障诊断实例。另一部分内容阐述了常用液压油及其特点、液压油的污染与污染控制、控制液压油污染的标准及检测方法。

限于学识水平,书中会有不准确和错误之处,恳请读者批评指正。

编者

1991 年 12 月

目 录

前 言

第一章 概述	(1)
§ 1 液压设备诊断技术的现状及意义	(1)
§ 2 液压系统的特点	(5)
§ 3 常用液压油及其特点	(14)
第二章 液压元件和系统常见故障	(24)
§ 1 液压泵与液压马达的常见故障与排除方法	(25)
§ 2 液压缸的常见故障与排除方法	(41)
§ 3 液压阀的常见故障与排除方法	(43)
§ 4 液压系统的常见故障与排除方法	(49)
第三章 液压油的污染与污染控制	(58)
§ 1 液压油污染的原因及危害	(58)
§ 2 液压油的污染控制	(64)
§ 3 液压油污染标准和检测方法	(75)
第四章 液压系统(设备)的故障诊断方法	(80)
§ 1 液压系统(设备)的故障诊断方法	(80)
§ 2 液压系统(设备)的故障诊断手段	(89)
第五章 液压元件和系统故障诊断实例	(102)
§ 1 液压泵故障早期诊断实例	(102)
§ 2 液压系统的故障诊断——铁谱分析	

技术的应用	(110)
§ 3 轧钢机液压压下系统的故障诊断——响应 特性诊断技术的应用	(112)
§ 4 大容量汽轮机电气—液压调节器的监控及 诊断系统	(115)
参考文献	(124)

第一章 概 述

§ 1 液压设备诊断技术的现状及意义

状态监测及故障诊断起源于航空、航天及核能等工业,在液压设备中的应用,还是一个较新的研究课题。至今,国内外在这方面所作的研究工作还较少。其主要原因是由于大多数液压设备相对规模(尺寸、功率)较小,诊断系统的成本又相对较高。随着液压设备向高压、大功率、高精度、大容量的方向发展,生产率、自动化程度、产品质量都有所提高,并且可节约能源与劳动力,降低生产成本,减少废品等。同时,液压设备的组成与结构变得越来越复杂了。例如,压延机的液压压下系统,就是液压与机、电、计算机相结合的、典型的微机控制电-液伺服系统。对于这些大型、重要的液压设备,日常维护管理较困难,一旦发生故障,将导致停产,造成经济损失。因此,人们对液压设备可靠性提出了更高的要求,液压元件和系统的状态监测及故障诊断技术日益受到重视。在欧美和日本已有一些学者和工程技术人员在这方面进行了多年的探索与研究,并取得了一定的成果。国内对这方面的研究工作也已经开始。

液压设备故障诊断的任务在于确定诊断对象的状态及其随时间而变化的特征,以及研究诊断对象实际瞬时状态的方法。诊断有助于早期发现设备的缺陷和故障,预防其进一步发

展,或者在维护期间将故障排除。在液压传动装置设有备用通道(多通道传动装置)的情况下,诊断有助于确定发生故障的通道,并将其及时断开,以保证整个系统的运行不致间断。例如,飞机的液压操纵系统都装有多通道冗余式伺服装置。

如欲确定液压系统的实际状态,一方面必须确定应该检查什么和怎样检查,另一方面还应该确定为此必须使用何种手段。因此,所谓液压系统的故障诊断可归结为对液压系统进行分析,选择液压系统实际状态的检查方法,以及确定在运转条件下实施检查所用的技术手段。

对于液压系统的故障诊断,在最终应实现对整台设备的液压系统进行监测和诊断,首先要解决的是对液压系统中重要液压元件的监测和诊断。所以,液压系统故障诊断的研究工作,大多是以液压泵为对象展开的,因为液压泵可以说是液压系统的核心,其性能好坏直接影响到液压系统的性能与功能。例如,日本日立电线公司土浦工厂的核心关键动力设备,是由8台高压泵组成的。该设备自从1980年开始运用故障诊断技术以来,大大减少了设备的维修费用,多次防止了重大事故的发生。到目前为止,针对液压系统诊断的文章多是从管理的角度提出的经验总结,即所谓简易诊断技术,又称为主观诊断法。它是靠简单的诊断仪器和凭个人的实践经验,对液压系统出现的故障进行诊断,判别故障发生的部位及原因。由于人们的感受不同,判断能力和实践经验有差异,因而对所掌握的客观情况分析的结果也就不同。所以,主观诊断法一般只能简单地定性。定量的监测与故障诊断属于精密诊断技术,即客观诊断法,它又可分为,人工诊断技术、系统诊断技术和专家系统。其中,人工诊断技术是使用较复杂的诊断设备和分析仪器,除

能对设备有无故障及故障的严重程度作出判断及区分外,在有经验的工程技术人员参与下,还能对某些特殊类型的典型故障的性质、类别、部位、原因及发展趋势作出判断与预报。而系统诊断技术是一种建立在计算机辅助诊断基础上的多功能自动化诊断系统。通过计算机自动进行故障性质、程度、类别、部位、原因及趋势的诊断及预报,随时通过人机对话查阅历史运行资料,帮助工程技术人员解决诊断中的疑难问题和作出正确的诊断决策。专家系统是诊断技术的高级形式,又称知识库咨询系统。它是一种拥有人工智能的计算机系统。它用于设备诊断时,不仅包括从信号检测到状态识别,而且还包括了从决策形成到干预的整个过程。这种系统具备学习功能,可以方便地增加、修改和删除知识库的知识,能高度模仿各个专家辩证施治的思维方法,使诊断水平不断提高,从而对设备诊断具有十分有效的诊断与干预能力。由此可见,精密诊断不同于简易诊断之处,除了应用新手段之外,还在于它具备完整、科学的工作步骤和程序。

液压设备的状态监测与故障诊断技术还处于继续探索和逐步完善的阶段。这是由于检测手段比较落后,如流量、温度等常规测试元件的性能较差,在线测量元件尚需研制、或改进,液压产品本身质量不稳定,以及实用诊断系统的成本较高等原因所致。此外,理论上还有待提高。

发展设备故障诊断技术,进行在线工况监视,有着巨大经济效益和社会效益。首先,可以减少或避免生产废品,防止设备突然发生大事故,造成巨大经济损失,甚至人员伤亡。其次,能帮助设备维修人员早期发现异常,查明故障原因,预测故障影响,视情维修,以减少维修费用和提高设备利用率,从而降

低了生产成本。

下列液压系统或设备一般可采用设备状态监视和故障诊断技术：

1. 发生故障后对整个生产影响较大的液压设备和自动线；
2. 必须确保安全性的液压设备和液压控制系统；
3. 价格昂贵的精密、大型、稀有、关键的液压设备和液压控制系统；
4. 修理费用大或停机修理时间长、造成损失大的液压设备和液压控制系统。

定量地诊断液压设备的劣化状态，评价其性能，其诊断范围、分类、诊断方法及内容，如表 1.1 所示。

表 1.1 液压设备诊断技术

范围	分 类	诊断方法	内 容
检 查	油本身的性能诊断	油质分析	粘度、氧化度、比重、水分等在线诊断
	按分析油诊断设备劣化	铁粉记录图分析	根据油中磨损粒子的量、形态、色等诊断设备的劣化程度及劣化原因
		NAS 等级管理	管理油中的污染粒子的总量
	测量从元件产生信号诊断设备劣化	振动法	利用从元件中产生的高频振动，诊断劣化
		声学法	利用声学现象作为系统状态的信息源，诊断元件的劣化
		压力脉动法	利用油液压力脉动，诊断元件的劣化

范围	分 类	诊断方法	内 容
检 查	分析控制系统的 响应信号,诊断设 备劣化原因、部位	阶跃响应法	将阶跃信号输入控制系统,根据系统的阶跃响应波形,诊断劣化,标定异常部位(设备停车)
		随机信号 频率响应法	在控制系统中附加微弱随机噪声,由 FFT 按系统的频率响应波形,诊断劣化,标定异常部位(在线诊断)
	异常状态发生时, 根据故障症状检 定原因的技术	根据模糊 理论,自动 故障分析	应用模糊理论,根据多数的定性的症状数据,标定异常部位
		液压诊断 专家系统	由知识库、推断机构,根据定性的定量的症状数据,标定异常部位
修 理	进行被修理过的 液压元件的品质 评价	液压缸检查	动作试验、空载动作压力、内部泄漏、耐压试验、行程测定
		液压泵检查	测定容积效率(P-Q 曲线图)、总效率(P- η 曲线图)、校验各部分泄漏油、测定脉动率
		液压阀检查	溢流阀、电磁阀、减压阀等的压力流量特性

§2 液压系统的特点

液压传动装置广泛应用于各种工业部门的各个领域内,见表 1.2。液压传动装置可用来作为过程控制的随动传动装置(即液压伺服控制系统),各种用途的机器和设备的工作机构传动装置。其中,液压伺服控制系统作为一门新兴的学科,是二十世纪 50 年代以后才逐渐发展起来的。液压伺服控制系统在自动化领域中占有重要位置。它被广泛应用于国防工

业部门,例如,飞机上的控制系统和操纵机构几乎都采用液压伺服系统,如舵机、推力器、变臂器、人感系统等操纵系统,发动机与电源系统的恒速与恒频调节、火力系统中的雷达与炮塔的跟踪控制等。在导弹方面,小型导弹,由于要求本身重量轻,大多采用气动伺服系统,中程及远程导弹的各个控制系统,几乎都采用液压伺服控制系统,如导弹的作动舵面,摆动发动机燃烧室等。导弹发射台的操纵以及人造卫星与宇宙飞

表 1.2 液压传动在各类机械行业中的应用

行业名称	应用场所举例
机 床	磨床、普通车床、六角车床、自动车床、铣床、刨床、组合机床等
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊车、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等
轻工机械	打包机、注塑机、校直机、橡胶硫化机、造纸机等
汽车工业	自卸式汽车、平板机、高空作业车、汽车中的转向器、减振器等

船的飞行控制中,也用到液压伺服控制系统。飞行器的地面模拟设备,包括飞行模拟台、负载模拟器、大功率模拟振动台、疲劳强度试验的协调加载装置等,也多采用液压伺服控制系统。此外,液压伺服控制系统在表 1.2 中所列举的民用机械行业

中,也得到广泛应用。例如,机床方面的仿形机床、数控机床、电火花加工机床等;冶炼方面的电炉电极自动升降恒功率控制系统;锻压设备中的挤压机速度控制系统;液压机的位置同步伺服系统;轧制设备中的轧机压下系统;带材连续生产中的跑偏控制系统、张力控制系统;试验装置方面的振动试验台、模拟地震振动台、材料试验机;还应用于矿山机械、建筑机械等等。可以说近 20 年来,液压伺服控制系统已逐渐扩展到各个工业领域。尽管应用对象不同,但其原理大同小异,不外乎是液压位置、速度、加速度或力的伺服控制。

一、液压传动系统的工作原理与组成

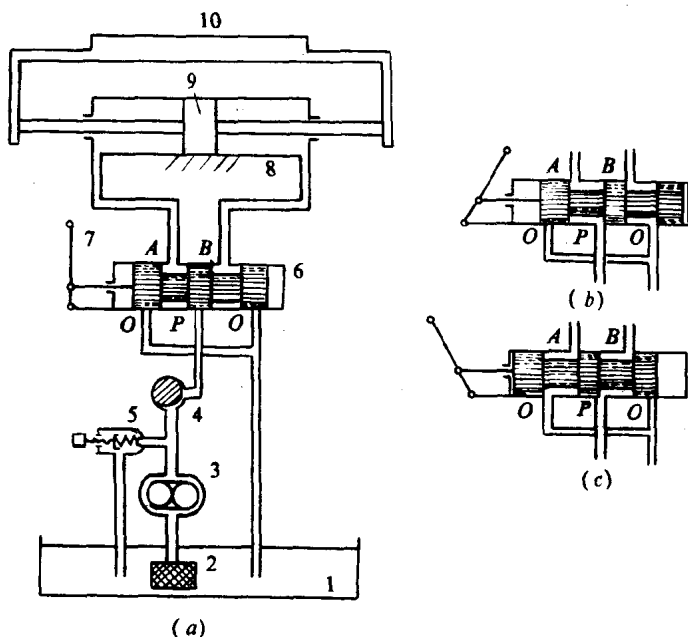


图 1.1 液压系统原理图

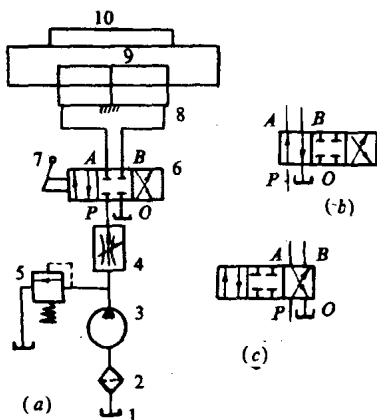


图 1.2 用职能符号表示的液压系统原理图

现以磨床工作台液压传动系统为例,说明其工作原理与组成,如图 1.1 所示。图中各元件的图形基本上表示了它的结构原理,称为结构式原理图。这种原理图直观性强,容易理解。当液压系统发生故障时,根据原理图检查也较方便,但图形较复杂,特别是当系统中元件较多时,绘制也不方便。因此,常使用另有一种用职能符号表示的液压系统原理图。此时,符号仅表示元件的职能,连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数。图 1.1 所示的液压原理图可表示成图 1.2 这样。按照国标(GB786-76)规定,液压元件的图形符号应以元件的静止状态或零位来表示。在图 1.2(a)中,换向阀 6 的阀芯处于中间位置,这时,压力油孔 P 与 A 、 B 断开,工作台静止不动。如用操纵手柄 7 将换向阀 6 的阀芯向右移,则油路连接情况如图 1.2(b)所示。这时,压力油液由压力油孔 P 通过阀孔 A ,进入液压缸左腔,液压缸右腔的油液经阀孔 B 、换向阀 6、回油孔 O ,流回油箱。此时,活塞 9 带动工作台 10 向右运动。反之,如将换向阀 6 的阀芯移动至左边位置,如图 1.2(c)所示。这时,由于阀口通路改变,工作台向左运动,实现了工作台换向。节流阀 4 起调节流量作用,从而改变了工作台的运动速变。液压系统中压力的高低,可通过调节溢流阀 5 来实现。

由图 1.1 可以看出,液压设备的液压传动系统主要由以下四部分所组成:

1. 动力装置——它是将原动机输出的机械能转换为液压能的能量转换装置。如液压泵,供给液压系统压力油。

2. 执行机构——它的功用是将传动介质(液体)的压力能转换为机械能,用以驱动执行部件。其中,包括各种液压缸和液压马达。

3. 控制调节装置——用以控制液压系统中液体压力、流量和液流的方向,以保证执行机构完成预期的工作运动。包括各种阀类,如压力阀、流量阀和换向阀等。

4. 辅助装置——指各种管接头、油管、密封件、油箱、滤油器、蓄能器、热交换器、压力表、温度计和流量计等。它们起连接、贮油、过滤、贮存压力能和测量油液压力、流量、温度等作用,对保证系统正常工作有重要作用。

二、液压伺服控制系统的工作原理与组成

液压伺服控制系统是一种以液压动力机构作为执行机构,并具有反馈控制的控制系统。在这种控制系统中,液压执行元件(液压缸或液压马达)的运动,即系统的输出量(机械位移、速度、加速度或力),能自动、快速而准确地复现输入量的变化规律。与此同时,它还起到信号的功率放大作用,因此液压伺服机构也是功率放大装置。

图 1.3 所示为一简单的液压伺服系统原理图。液压动力元件由四通滑阀 1 和液压缸 2 组成。定量泵 4 输出能源,向系统提供压力恒定的油液,油液压力大小由溢流阀 3 调定。四通滑阀 1 将输入的机械信号 X_i 转换成液压信号(流量、压力),并将功率放大,称作转换放大元件。液压缸 2 是执行元