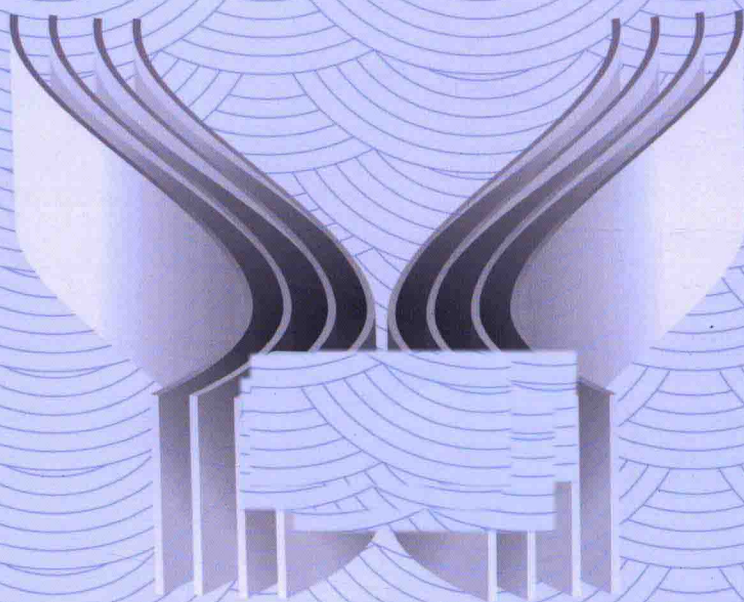


国家示范校项目建设成果系列教材

液压与气压传动及技能训练



主编 王 珍



中国科学技术大学出版社

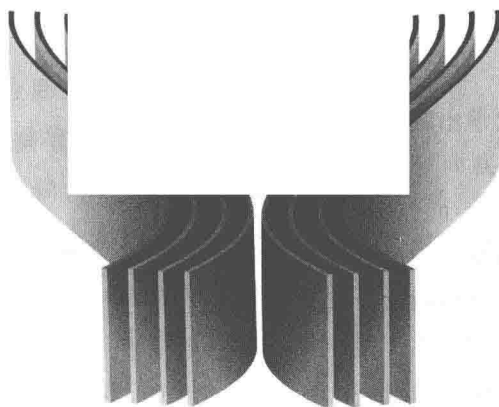
国家示范校项目建设成果系



液压与气压传动及技能训练



主 编 王 珍
副主编 刘思维
参 编 徐勇杰



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书介绍的实验主要采用德国 FESTO FluidSIM 液压与气动仿真软件以及实验设备,书中涉及的元件图形符号、回路以及系统原理图全部按照国家最新图形符号(GB/T 786.1—2009)绘制,并摘录于附录中。

本书分为理论知识、液压传动实验、气压传动实验三篇,可作为高职院校、中职学校的机械、自动化、数控等专业教材,也适用于各类成人高校及自学考试学生,还可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动及技能训练/王珍主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-312-03578-4

I.液… II.王… III.①液压传动—高等职业教育—教材②气压传动—高等职业教育—教材 IV.①TH137 ②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 158803 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 安徽国文彩印有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 13.75

字数 285 千

版次 2016 年 8 月第 1 版

印次 2016 年 8 月第 1 次印刷

定价 30.00 元

前 言

根据国家劳动和社会保障部《职业技能鉴定规范》的要求,本书精选了液压与气压传动教材及实验指导书中的经典实验,并重点结合德国 FESTO FluidSIM 的实验设备来编写。书中的理论和操作技能有机结合,图文并茂,形象直观,读者通过学习理论知识、操作技能实训和完成实验报告,能够有效地掌握书中介绍的知识和技能。

本书内容分为三篇。第一篇理论知识包括:液压传动基础知识、液压动力元件、液压执行元件、液压控制阀、辅助装置、液压基本回路、典型液压系统、气压传动基础知识、气源装置及气动元件、气动基本回路与常用回路;第二篇液压传动实验包括:卸荷回路、锁紧回路、溢流阀的二级调压回路、二级减压回路、差动连接的增速回路、三位四通电磁阀和调速阀调速回路、调速阀串联的二次进给回路、顺序回路、液压缸并联同步回路、平衡回路、液压综合实验——铣床快速进给回路;第三篇气压传动实验包括:气压互锁回路、送料装置回路、传送煤块的垂直活动支点臂机构回路、标杆上色机气动回路。

本书由马鞍山技师学院王珍任主编,并负责全书的统稿和定稿,刘思维编写第一章至第三章,徐勇杰编写第四章,马鞍山市双益机械制造有限公司刘伟桥编写第七章,其余内容由王珍编写,全书由魏敏主审。

本书在编写过程中,参考和借鉴了国内外同行的最新资料及成果,同时也得到了诸多专家的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	(i)
----------	-------

第一篇 理论知识

第一章 液压传动基础知识	(003)
第一节 液压传动发展概况	(003)
第二节 液压传动的工作原理及其组成	(004)
第三节 液压油	(007)
第四节 液压传动的优缺点	(011)
第五节 液压传动在机械中的应用	(012)
第二章 液压动力元件	(014)
第一节 液压泵概述	(014)
第二节 齿轮泵	(018)
第三节 叶片泵	(021)
第四节 柱塞泵	(024)
第五节 液压泵的噪声及选用	(026)
第三章 液压执行元件	(029)
第一节 液压马达	(029)
第二节 液压缸	(032)
第四章 液压控制阀	(041)
第一节 概述	(041)
第二节 方向控制阀	(043)

第三节	压力控制阀	(050)
第四节	流量控制阀	(056)
第五章	辅助装置	(059)
第一节	蓄能器	(059)
第二节	滤油器	(061)
第三节	油箱	(063)
第四节	管件	(064)
第五节	密封装置	(066)
第六章	液压基本回路	(068)
第一节	速度控制回路	(068)
第二节	压力控制回路	(076)
第三节	方向控制回路	(083)
第四节	顺序动作回路	(085)
第七章	典型液压系统	(088)
第一节	组合机床液压系统	(088)
第二节	M1432A 型万能外圆磨床液压系统	(091)
第八章	气压传动基础知识	(097)
第一节	空气的物理性质	(097)
第二节	气体的状态方程	(098)
第三节	气动元件的流通能力	(100)
第九章	气源装置及气动元件	(101)
第一节	气源装置	(102)
第二节	气动辅助元件	(105)
第三节	气动执行元件	(106)
第四节	气动控制元件	(109)
第十章	气动基本回路与常用回路	(118)
第一节	气动基本回路	(118)

第二节 气动常用回路	(123)
------------------	-------

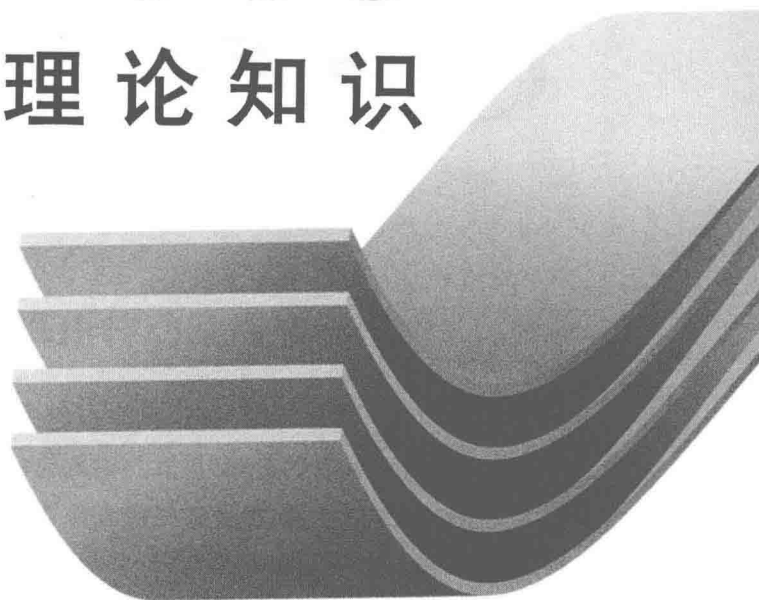
第二篇 液压传动实验

实验一 卸荷回路	(129)
实验二 锁紧回路	(133)
实验三 溢流阀的二级调压回路	(137)
实验四 二级减压回路	(141)
实验五 差动连接的增速回路	(145)
实验六 三位四通电磁阀和调速阀调速回路	(149)
实验七 调速阀串联的二次进给回路	(153)
实验八 顺序回路	(157)
实验九 液压缸并联同步回路	(161)
实验十 平衡回路	(165)
实验十一 液压综合实验——铣床快速进给回路	(169)

第三篇 气压传动实验

实验十二 气压互锁回路	(175)
实验十三 送料装置回路	(180)
实验十四 传送煤块的垂直活动支点臂机构回路	(185)
实验十五 标杆上色机气动回路	(190)
附录一 单位制及常用公式	(195)
附录二 常用液压图形符号	(198)
参考文献	(211)

第一篇
理论知识





第一章

液压传动基础知识



第一节 液压传动发展概况

自 18 世纪末英国制成世界上第一台水压机算起,液压传动技术至今已有两百多年的历史,但直到 20 世纪 30 年代它才较普遍地用于起重机、机床及工程机械。在第二次世界大战期间,由于战争需要,出现了响应迅速、精度高的液压控制机构,装配于各种军事武器。第二次世界大战结束后,液压技术迅速转向民用工业,不断地应用于各种自动机及自动生产线。

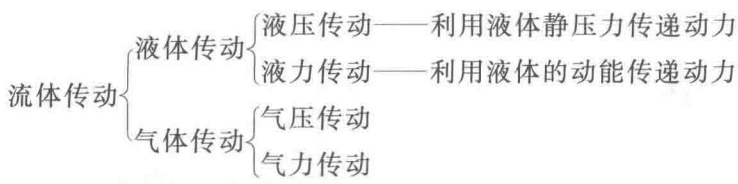
20 世纪 60 年代以后,液压技术随着原子能、空间技术、计算机技术的发展而迅速发展。因此,液压传动真正的发展也只是近五六十年的事。当前,液压技术正向迅速、高压、大功率、高效、低噪声、经久耐用、高度集成化的方向发展。同时,新型液压元件和液压系统的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助测试(CAT)、计算机直接控制(CDC)、机电一体化技术、可靠性技术等方面也是当前液压传动及控制技术的发展和研究方向。

我国的液压技术最初应用于机床和锻压设备上,后来又用于拖拉机和工程机械。随着从国外引进一些液压元件、生产技术以及自行设计液压元件,我国的液压元件现已形成了系列,并在各种机械设备上得到了广泛的使用。

一切机械都有其相应的传动机构,借助于它达到对动力进行传递和控制的目的。

机械传动:通过齿轮、齿条、蜗轮、蜗杆等机件直接把动力传送到执行机构的传递方式。

电气传动:利用电力设备,通过调节电参数来传递或控制动力的传动方式。
液压传动:利用液体静压力传递动力。



第二节 液压传动的工作原理及其组成

一、液压传动的工作原理

液压传动的工作原理,可以用一个液压千斤顶的工作原理来说明。

图 1.1 是液压千斤顶的工作原理图。大油缸 9 和大活塞 8 组成举升液压缸。杠杆手柄 1、小油缸 2、小活塞 3、单向阀 4 和 7 组成手动液压泵。如提起手柄使小活塞向上移动,小活塞下端油腔容积增大,形成局部真空,这时单向阀 4 打开,通过吸油管 5 从油箱 12 中吸油。用力压下手柄,小活塞下移,小活塞下腔压力升高,单向阀 4 关闭,单向阀 7 打开,下腔的油液经管道 6 输入举升油缸 9 的下腔,迫使大活塞 8 向上移动,顶起重物。再次提起手柄吸油时,单向阀 7 自动关闭,使油液不能倒流,从而保证了重物不会自行下落。不断地往复扳动手柄,就能不断地把油液压入举升缸下腔,使重物逐渐地升起。如果打开截止阀 11,举升缸下腔的油液通过管道 10、截止阀 11 流回油箱,重物就向下移动。

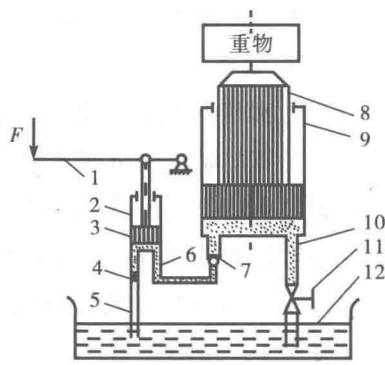


图 1.1 液压千斤顶工作原理图

- 1.杠杆手柄 2.小油缸 3.小活塞 4,7.单向阀 5.吸油管
6,10.管道 8.大活塞 9.大油缸 11.截止阀 12.油箱

这就是液压千斤顶的工作原理。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析,可以初步了解液压传动的基本工作原理。液压传动利用有压力的油液作为传递动力的工作介质。压下手柄时,小油缸 2 输出压力油,将机械能转换成油液的压力能;压力油经过管道 6 及单向阀 7,推动大活塞 8 举起重物,将油液的压力能又转换成机械能。大活塞 8 举升的速度取决于单位时间内流入大油缸 9 中油的多少。由此可见,液压传动是一个不同能量的转换过程。

二、液压传动系统的组成

液压千斤顶是一种简单的液压传动装置。下面分析一种机床工作台的液压传动系统。如图 1.2 所示,它由油箱、滤油器、液压泵、溢流阀、开停阀、节流阀、换向阀、液压缸以及连接这些元件的油管、接头组成。其工作原理如下:液压泵由电动机驱动后,从油箱中吸油。油液经滤油器进入液压泵,油液压力在泵腔中从入口低压变为出口高压,在图 1.2(a)所示状态下,通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔,推动活塞使工作台向右移动。这时,液压缸右腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

如果将换向阀手柄转换成如图 1.2(b)所示状态,则压力管中的油将经过开停阀、节流阀和换向阀进入液压缸右腔,推动活塞使工作台向左移动,并使液压缸左腔的油经换向阀和回油管 6 排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时,进入液压缸的油量增多,工作台的移动速度增大;当节流阀关小时,进入液压缸的油量减小,工作台的移动速度减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力,液压缸必须产生一个足够大的推力,这个推力是由液压缸中的油液压力产生的。要克服的阻力越大,缸中的油液压力越高;反之,压力就越低。这种现象正说明了液压传动的一个基本原理——压力决定于负载。从机床工作台液压系统的工作过程可以看出,一个完整的、能够正常工作的液压系统,由以下五个主要部分组成:

(1) 能源装置,它是供给液压系统压力油,把机械能转换成液压能的装置。最常见的形式是液压泵。

(2) 执行装置,它是把液压能转换成机械能的装置。其形式有作直线运动的液压缸,有作回转运动的液压马达,它们又称为液压系统的执行元件。

(3) 控制调节装置,它是对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。如溢流阀、节流阀、换向阀、开停阀等。

(4) 辅助装置,它是上述三部分之外的其他装置,例如油箱、滤油器、油管等。对于保证系统正常工作来说,其是必不可少的。

(5) 工作介质,它是传递能量的流体,即液压油等。

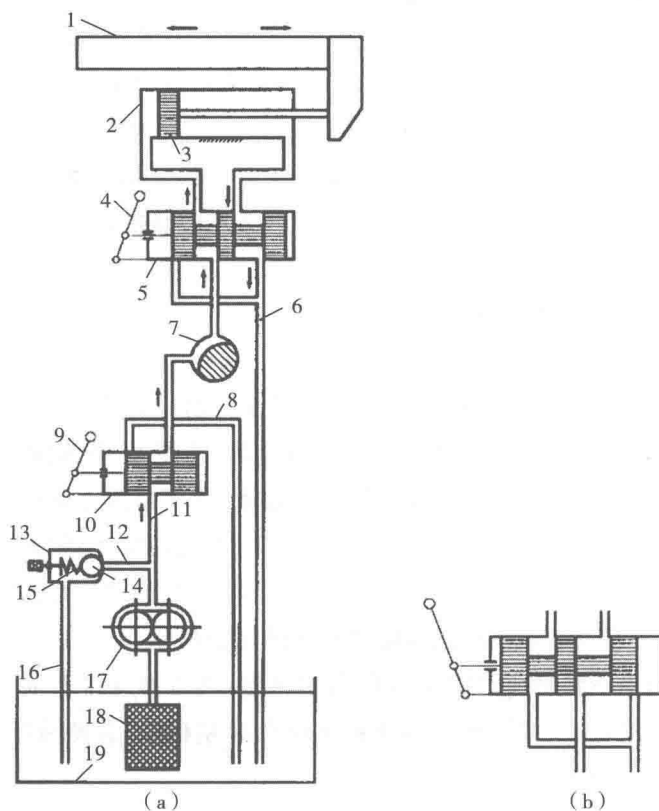


图 1.2 机床工作台液压系统工作原理图

1.工作台 2.液压缸 3.活塞 4.换向手柄 5.换向阀 6,8,16.回油管 7.节流阀 9.开停手柄 10.开停阀
11.压力管 12.压力支管 13.溢流阀 14.钢球 15.弹簧 17.液压泵 18.滤油器 19.油箱

三、液压传动系统图的图形符号

图 1.2 所示的液压系统是一种半结构式的工作原理图,它有直观性强、容易理解的优点,当液压系统发生故障时,根据原理图检查十分方便,但图形比较复杂,绘制比较麻烦。如图 1.3 所示,我国已经制定了一种用规定的图形符号来表示液压原理图中的各元件和连接管路的国家标准,即液压系统图形符号(GB/T786.1—2009)。在我国制定的液压系统图形符号(GB/T786.1—2009)中,对于这些图形符号有以下几条基本规定:

(1) 符号只表示元件的职能,连接系统的通路,不表示元件的具体结构和参数,也不表示元件在机器中的实际安装位置。

(2) 元件符号内的油液流动方向用箭头表示,线段两端都有箭头的,表示流动方向可逆。

(3) 符号均以元件的静止位置或中间零位置表示,当系统的动作另有说明时,可作例外。

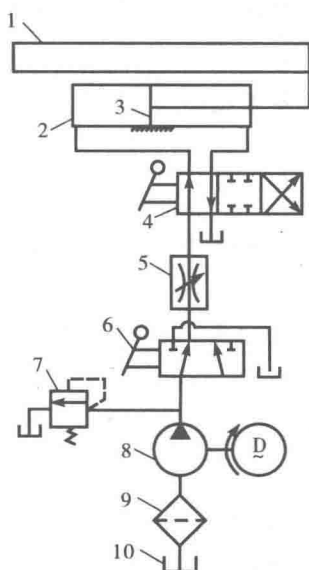


图 1.3 机床工作台液压系统的图形符号

- 1.工作台 2.液压缸 3.油塞 4.换向阀 5.节流阀 6.开停阀
7.溢流阀 8.液压泵 9.滤油器 10.油箱

第三节 液 压 油

液压油是液压传动系统中的传动介质,并且还还对液压装置的机构、零件起着润滑、冷却和防锈作用。液压传动系统的压力、温度和流速在很大的范围内变化,所以液压油的质量优劣直接影响液压系统的工作性能。因此,合理地选用液压油也是很重要的。

一、液压系统对液压油的要求

液压油是液压传动系统的重要组成部分,是用来传递能量的工作介质。除了传递能量外,它还起着润滑运动部件和保护金属不被锈蚀的作用。液压油的质量及其各种性能将直接影响液压系统的工作。从液压系统使用油液的要求来看,有下面几点:

- (1) 适宜的黏度和良好的黏温性能。一般液压系统所用的液压油,其黏度范围为

$$\nu = 11.5 \times 10^{-6} \sim 35.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

(2) 润滑性能好。在液压传动机械设备中,除液压元件外,其他一些有相对滑动的零件也要用液压油来润滑,因此,液压油应具有良好的润滑性能。为了改善液压油的润滑性能,可加入添加剂以增加其润滑性能。

- (3) 良好的化学稳定性。即抗热、氧化、水解等,具有良好的稳定性。
- (4) 对金属材料具有防锈性和防腐性。
- (5) 比热、热传导率大,热膨胀系数小。
- (6) 抗泡沫性好,抗乳化性好。
- (7) 油液纯净,含杂质量少。
- (8) 流动点和凝固点低,闪点(明火能使油面上油蒸气内燃,但油本身不燃烧的温度)和燃点高。

此外,对油液的无毒性、价格便宜等,也应根据不同的情况有所要求。

二、液压油的选用

正确而合理地选用液压油,乃是保证液压设备高效率正常运转的前提。

选用液压油时,可根据液压元件生产厂样本和说明书所推荐的品种号数来选用液压油,或者根据液压系统的工作压力、工作温度、液压元件种类及经济性等因素全面考虑,一般是先确定适用的黏度范围,再选择合适的液压油品种。同时还要考虑液压系统工作条件的特殊要求,如在寒冷地区工作的系统要求油的黏度指数高、低温流动性好、凝固点低;伺服系统则要求油质纯、压缩性小;高压系统则要求油液抗磨性好。在选用液压油时,黏度是一个重要的参数。黏度的高低将影响运动部件的润滑、缝隙的泄漏以及流动时的压力损失、系统的发热升温等。所以,在环境温度较高、工作压力高或运动速度较低时,为减少泄漏,应选用黏度较高的液压油,否则相反。

表 1.1 所示为常见液压油系列品种,液压油的牌号(即数字)表示在 40 °C 下油液运动黏度的平均值(单位为 cSt)。原名为液压油过去的牌号,其中的数字表示在 50 °C 时油液运动黏度的平均值。

总的来说,应尽量选用较好的液压油,虽然初始成本要高些,但由于优质油使用寿命长,对元件损害小,所以从整个使用周期看,其经济性要比选用劣质油好些。

表 1.1 常见液压油系列品种

种类	牌号		原名	用途
	油名	代号		
普通液压油	N ₃₂ 号液压油 N ₆₈ G 号液压油	YA - N ₃₂ YA - N ₆₈	20 号精密机床液压油 40 号液压-导轨油	用于环境温度 0~45℃ 工作的各类液压泵的中、低压液压系统
抗磨液压油	N ₃₂ 号抗磨液压油 N ₁₅₀ 号抗磨液压油 N ₁₆₈ K 号抗磨液压油	YA - N ₃₂ YA - N ₁₅₀ YA - N ₁₆₈ K	20 号抗磨液压力油 80 号抗磨液压力油 40 号抗磨液压力油	用于环境温度 -10~40℃ 工作的高压柱塞泵或其他泵的中、高压系统
低温液压油	N ₁₅ 号低温液压力油 N ₄₆ D 号低温液压力油	YA - N ₁₅ YA - N ₄₆ D	低凝液压力油 工程液压力油	用于环境温度低于 -20℃ 或高于 40℃ 工作的各类高压油泵系统
高黏度指数液压力油	N ₃₂ H 号高黏度指数液压力油	YD - N ₃₂ D		用于温度变化不大且对黏温性能要求更高的液压系统

三、液压油的污染与防护

液压油是否清洁,不仅影响液压系统的工作性能和液压元件的使用寿命,而且直接关系到液压系统能否正常工作。液压系统的多数故障与液压油受到的污染有关,因此控制液压油的污染是十分重要的。

(一) 液压油被污染的原因

- (1) 液压系统的管道及液压元件内的型砂、切屑、磨料、焊渣、锈片、灰尘等污垢在系统使用前冲洗时未被洗干净,在液压系统工作时,这些污垢就进入液压油里。
- (2) 外界的灰尘、砂粒等,在液压系统工作过程中通过往复伸缩的活塞杆,随着流回油箱的漏油等进入液压油里。另外在检修时,稍不注意也会使灰尘、棉绒等进入液压

油里。

(3) 液压系统本身也不断地产生污垢,并直接进入液压油里,如金属和密封材料的磨损颗粒,过滤材料脱落的颗粒或纤维以及油液因油温升高氧化变质而生成的胶状物等。

(二) 油液污染的危害

液压油污染严重时,直接影响液压系统的工作性能,使液压系统经常发生故障,使液压元件寿命缩短。造成这些危害的原因主要是污垢中的颗粒。对于液压元件来说,由于这些固体颗粒进入元件里,会使元件的滑动部分磨损加剧,并可能堵塞液压元件里的节流孔、阻尼孔,或使阀芯卡死,从而造成液压系统的故障。水分和空气的混入使液压油的润滑能力降低并加速其氧化变质,产生气蚀,使液压元件加速腐蚀,导致液压系统出现振动、爬行等现象。

(三) 防止污染的措施

造成液压油污染的原因多而复杂,液压油自身又在不断地产生脏物,因此要彻底解决液压油的污染问题是很困难的。为了延长液压元件的寿命,保证液压系统可靠地工作,将液压油的污染度控制在某一限度以内是较为切实可行的办法。液压油的污染控制工作主要从两个方面着手:一是防止污染物侵入液压系统;二是把已经侵入的污染物从系统中清除出去。污染控制要贯穿于整个液压装置的设计、制造、安装、使用、维护和修理等各个阶段。

为防止油液污染,在实际工作中应采取如下措施:

1. 使液压油在使用前保持清洁

液压油在运输和保管过程中都会受到外界污染,新买来的液压油看上去很清洁,其实很“脏”,必须将其静放数天,再经过滤后加入液压系统中。

2. 使液压系统在装配后、运转前保持清洁

液压元件在加工和装配过程中必须清洗干净,液压系统在装配后、运转前应彻底进行清洗,最好用系统工作中使用的油液清洗,清洗时油箱除通气孔(加防尘罩)外必须全部密封,密封件不可有飞边、毛刺。

3. 使液压油在工作中保持清洁

液压油在工作过程中会受到环境污染,因此应尽量防止工作中空气和水分的侵入,为了消除水、气和污染物的侵入,采用密封油箱,通气孔上加空气滤清器,防止尘土、磨料和冷却液侵入,经常检查并定期更换密封件和蓄能器中的胶囊。

4. 采用合适的滤油器

这是控制液压油污染的重要手段。应根据设备的要求,在液压系统中选用不同过滤