



面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

液压系统装配与调试

主编 韩慧仙



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等教育课程改革项目研究成果

液压系统装配与调试

主 编 韩慧仙

副主编 曹显利 黄立东

主 审 刘茂福

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

液压系统装配与调试/韩慧仙主编. —北京: 北京理工大学出版社,
2011. 7

ISBN 978-7-5640-4721-4

I. ①液… II. ①韩… III. ①液压系统—装配(机械) ②液压系统—
调试方法 IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 124398 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 270 千字

版 次 / 2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1~1500 册

定 价 / 34.00 元

责任编辑/ 张慧峰

责任校对/ 陈玉梅

责任印制/ 吴皓云

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

本书吸收了当前国外先进的高等教育理念,结合我国的高等教育实际和企业的用人需求,采用理论实践一体化的理论和方法,以模拟实际工作任务的学习情境作为教学项目,适合作为高等院校机电类专业的教学用书,也可作为教师和企业生产技术人员参考用书。

在本书的编写过程中,打破液压传动传统的知识体系,以机电类相关岗位的工作技能为出发点,以典型液压系统装配与调试工作任务为主线,力求理论联系实际,以项目为载体对液压传动技术的相关知识进行整合,把液压传动技术的基本概念、液压元件的基本知识、液压回路的基本原理贯穿于不同的项目中,通过实践讲授理论,通过实际操作体会理论知识,通过技能训练打造职业素养,实现理论实践一体化,对于专业课教学改革和学生培养有较大的实用价值。

本书致力于培养高素质技能型的液压系统装配、调试与维修人员,使之熟悉常用液压元件的性能、特点、主要参数和液压符号,熟悉常见液压回路的结构、特点、工作原理和工作过程,能对常见液压元件进行拆装和装配,能对典型液压回路和液压系统的原理图进行分析、装配和调试。

液压系统装配与调试具有较强的操作性、实践性和技能性,在教学实践中,建议以学生为主体进行实际操作,通过实物体现知识点,通过实际操作训练技能,通过完成项目理解工作过程,通过过程检查和项目结果评比进行教学效果评估;以教师为主导对教学过程进行把握,指导学生获取资源的途径和方法,引导学生通过实际操作完成项目任务,讲解项目任务中的主要知识点和技能点,对学生的工作成果进行评比和评价,并给出进一步提高知识和技能的途径和方向。

本书共有7个部分:项目一液压千斤顶的使用;项目二B6050型牛头刨床液压系统的装配与调试;项目三Q2-8汽车起重机变幅液压系统的装配与调试;项目四SY130挖掘机动臂液压系统的装配与调试;项目五TQ230全液压推土机行走液压系统的装配与调试;项目六YT4543型动力滑台液压系统的装配与调试;拓展知识典型液压系统分析与液压系统设计计算。

本书由韩慧仙担任主编。参加编写的有曹显利、黄立东。项目一、二、三、六由韩慧仙编写,项目四、五由曹显利编写,知识拓展与习题集部分由黄立东编写。全书由韩慧仙统稿,由刘茂福审稿。

本书在各章节都精选了相应的思考题与练习题,便于教学与自学,同时有配套的电子教案、试题库等教学资料,见精品课程网站 <http://jpkc.hnjdzj.net/study/sys1/index.asp>,

在本书的编写过程中,得到了学院、系部领导与家人的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者和专家给予批评指正。

编 者

目 录

项目 1 液压千斤顶的使用	1
1.1 液压千斤顶的使用	2
1.2 液压缸的拆装	18
项目小结	34
思考题与练习题	34
项目 2 B6050 型牛头刨床液压系统的装配与调试	37
2.1 液压泵的性能参数分析	38
2.2 齿轮泵的拆装	42
2.3 换向阀的拆装	49
2.4 换向回路的安装	60
2.5 B6050 型牛头刨床液压系统的装配与调试	62
项目小结	67
思考题与练习题	67
项目 3 Q2-8 汽车起重机变幅液压系统的装配与调试	68
3.1 单向阀的拆装	69
3.2 溢流阀与顺序阀的拆装	72
3.3 管件与接头的安装	83
3.4 调压回路、锁紧回路与平衡回路安装	89
3.5 Q2-8 汽车起重机变幅液压系统的装配与调试	97
项目小结	99
思考题与练习题	99
项目 4 SY130 挖掘机动臂液压系统的装配与调试	102
4.1 柱塞泵的拆装	103
4.2 减压阀的拆装	108
4.3 油箱、加热器与冷却器的安装	112
4.4 减压回路与增压回路的安装	115
4.5 多缸工作控制回路的安装	118
4.6 SY130 挖掘机动臂液压系统的装配与调试	125
项目小结	134
思考题与练习题	134

项目 5 TQ230 全液压推土机行走液压系统的装配与调试	136
5.1 柱塞马达的拆装	137
5.2 新型液压控制阀及应用	142
5.3 蓄能器、过滤器的安装	148
5.4 容积调速回路的安装	155
5.5 TQ230 全液压推土机行走液压系统装配与调试	159
项目小结	163
思考题与练习题	163
项目 6 YT4543 型动力滑台液压系统的装配与调试	165
6.1 叶片泵的拆装	166
6.2 节流阀与调速阀的拆装	174
6.3 调速回路的安装	181
6.4 YT4543 型动力滑台液压系统的装配与调试	192
项目小结	194
思考题与练习题	195
拓展知识 典型液压系统分析与液压系统设计计算	198
7.1 典型液压系统分析	198
7.2 液压系统设计计算	206
7.3 液压系统设计举例	208
项目小结	215
思考题与练习题	216
附录 常用液压与气动元件图形符号 (GB/T 786.1—1993)	218
参考文献	224

项目1 液压千斤顶的使用

项目任务

1. 对液压缸、液压油和液压千斤顶系统形成初步认识；
2. 理解液压流体力学的基础与基本定律：静力学方程与连续性方程；
3. 掌握液压缸的结构、作用、性能参数、图形符号等知识，了解液压缸的常见故障；
4. 通过液压千斤顶学习任务的学习，对液压系统的工作原理（图1-1）与组成形成初步认识；
5. 培养学生查阅资料的能力与自主学习的能力。

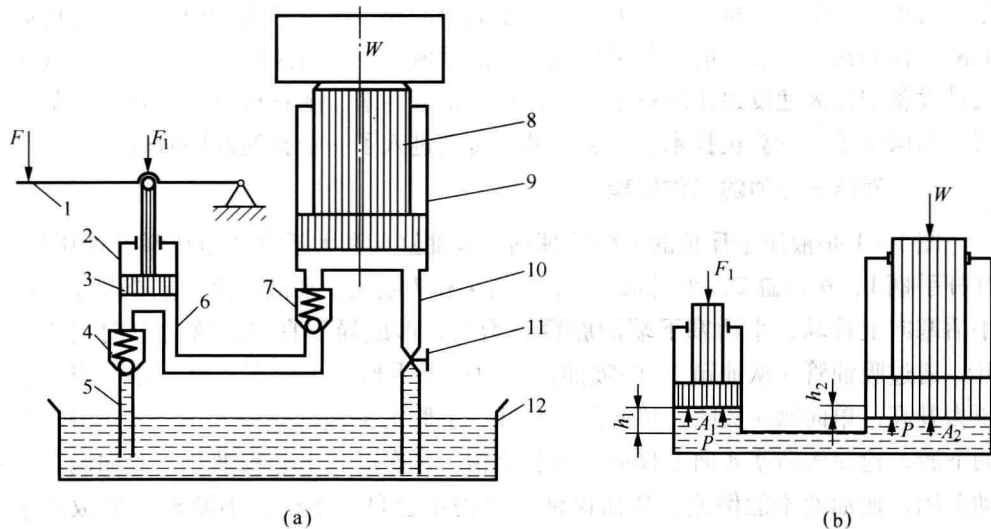


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—手柄；2—小油缸；3—小活塞；4, 7—单向阀；5, 6, 10—油管；
8—大活塞；9—液压缸；11—截止阀；12—油箱

1.1 液压千斤顶的使用

教学安排

1. 参观液压装配与调试理实一体化教室,对液压元件、实验台、拆装台形成感性认识,认识液压缸、液压油、液压千斤顶;
2. 通过教师提供资料与学生自己查阅资料了解液压千斤顶的用途,通过学生操纵液压千斤顶理解其工作原理;
3. 教师概括液压千斤顶的工作原理并讲解液压传动的工作原理;
4. 讲述液压技术的发展历史、现状和优缺点;
5. 讲解液压流体力学的基本知识。

知识支撑

1.1.1 液压传动的工作原理与组成

自18世纪末英国制成世界上第一台水压机算起,液压传动技术已有二三百年的历史。在第二次世界大战期间,由于战争需要,出现了由响应迅速、精度高的液压控制机构所装备的各种军事武器,战后液压技术迅速转向民用工业,成为机械设备中发展速度最快的技术之一,特别是近年来,随着机电一体化技术的发展,与微电子、计算机技术相结合,液压传动进入了一个新的发展阶段。

一、液压千斤顶的工作原理

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,大活塞也在重物和自重作用下回落,回到起始位置。大、小缸体组成了最简单的液压传动系统,实现了运动和动力的传递。

通过对上面液压千斤顶工作过程的分析,可以初步了解到液压传动的基本工作原理。液压传动是利用有压力的油液作为工作介质来实现能量传递和控制的一种传动形式。液压传动有以下基本特点:

- (1) 以液体为传动介质来传递运动和动力;
- (2) 液压传动必须在密闭的容器内进行;
- (3) 依靠密闭容器的容积变化传递运动;
- (4) 依靠液压的静压力传递动力。

二、液压传动系统的组成

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来组成:

(1) 动力元件: 液压泵——供给液压系统压力油,把机械能转换成液压能的装置。

(2) 执行元件: 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。

(3) 控制元件: 对系统中的压力、流量或流动方向进行控制或调节的元件。用来控制液压系统所需要的压力、流量、方向和工作性能,以保证执行元件实现各种不同的工作要求。

(4) 辅助元件: 如油箱,滤油器,油管等,它们对保证系统正常工作具有非常重要的作用。

(5) 工作介质: 传递能量的流体,即液压油。

三、液压传动的特点与发展趋势

1. 液压传动的优点

(1) 液压传动装置的重量轻、结构紧凑、惯性小。如相同功率液压马达的体积为电动机的12%~13%;

(2) 可在大范围内实现无级调速。调速范围可达1:2000,并可在液压装置运行的过程中进行调速;

(3) 容易获得很大的力和转矩,可以使传动结构简单;

(4) 传递运动均匀平稳,冲击小,能快速启动、制动和频繁换向;

(5) 液压装置易于实现过载保护,安全性好。液压件能自行润滑,使用寿命长;

(6) 液压传动易于实现自动化,当液压控制和电气控制配合使用时,易于实现复杂的自动工作循环和较远距离操控;

(7) 液压元件已实现了标准化、系列化和通用化,便于设计、制造和推广使用。液压传动是油管连接,借助油管的连接可以方便灵活地布置传动机构。

2. 液压传动的缺点

(1) 液压系统中的漏油等因素,影响运动的平稳性和正确性,使得液压传动不能保证严格的传动比;

(2) 液压传动对油温的变化比较敏感,温度变化时,液体黏性变化,引起运动特性的变化,使得工作的稳定性受到影响,所以它不宜在温度变化很大的环

境条件下工作；

(3) 液压元件的配合件制造精度要求较高，加工工艺较复杂，制造成本较大；

(4) 液压传动要求有单独的能源，不像电源那样使用方便；

(5) 液压系统发生故障不易检查和排除。

3. 液压传动的发展趋势

(1) 液压元件向结构小型化、轻量化、集成化、高精度化发展；

(2) 液压系统向高压、大流量、电子控制方向发展；

(3) 延长元件寿命、提高元件及系统可靠性；

(4) 降低能耗、提高效率与实现节能；

(5) 降低液压系统振动、噪声与污染。

1.1.2 液压流体力学基础

液压传动是以液体作为工作介质来进行能量传递的，因此了解液体的基本性质，掌握液体平衡和运动的主要力学规律，对于正确理解液压传动原理以及合理设计和使用液压系统都是非常必要的。

一、液压油

1. 密度

单位体积的质量称为液体的密度，通常用 ρ （单位： kg/m^3 ）表示：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

液压油的密度随压力的增加而加大，随温度的升高而减小，一般情况下，由压力和温度引起的这种变化较小，可视其为常数，一般液压油的密度为 $900\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2. 液体的可压缩性

液体受压力的作用而发生体积减小变化的性质称为液体的可压缩性。它的可压缩性是钢的 100 - 150 倍，故一般认为液压油是不可压缩的，若液压油中混入空气时，其可压缩性将显著增加，并将严重影响液压系统的工作性能。因此在液压系统中应尽量减少油液中混入的气体及其他挥发物质的含量。

3. 流体的黏性

液体在外力作用下流动时，由于液体分子间的内聚力而产生一种阻碍液体分子之间进行相对运动的内摩擦力，液体的这种产生内摩擦力的性质称为液体的黏性。黏性是液体重要的物理性质，也是选择液压油的主要依据。

当液体流动时，由于液体与固体壁面的附着力及流体本身的黏性使流体内各处的速度大小不等，如图 1-2 所示，两平行平板间充满液压油，设上平板以速

度 u_0 向右运动, 下平板固定不动, 紧贴于上平板上的流体粘附于上平板上, 其速度与上平板相同, 紧贴于下平板上的流体粘附于下平板, 其速度为零, 中间流体的速度按线性分布。因此, 不同的速度层相互制约而产生内摩擦力, 该力对上层液体起阻滞作用, 而对下层液体起拖曳作用。

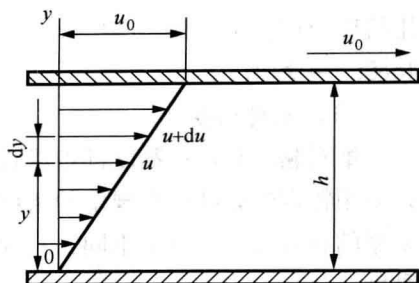


图 1-2 液体的黏性示意图

实际测定结果表明, 流体层间的内摩擦力 F 与流体层的接触面积 A 及流体层的相对流速 du 成正比, 而与此流体层间的距离 dy 成反比, 即:

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (1-2)$$

式中: μ ——衡量流体黏性的比例系数, 称为绝对黏度或动力黏度;

du/dy ——表示流体层间速度差异的程度, 称为速度梯度。

以 $\tau = F/A$ 表示液体内摩擦的切应力, 则有:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1-3)$$

上式 (1-3) 是液体内摩擦定律的数学表达式。在流体力学中, 把绝对黏度 μ 不随速度变化而发生变化的液体称为牛顿液体, 反之称为非牛顿液体。除高黏性或含有大量特种添加剂的液体外, 一般的液压油均可看作是牛顿液体。

液体黏性的大小用黏度来表示, 常用的流体黏度表示方法有三种: 动力黏度、运动黏度和相对黏度。

(1) 绝对黏度 μ

绝对黏度又称动力黏度, 它直接表示流体的黏性即内摩擦力的大小, 即

$$\mu = \tau \frac{dy}{du} \quad (1-4)$$

动力黏度的物理意义是: 液体在单位速度梯度下流动或有流动趋势时, 相接触的液层间单位面积上产生的内摩擦力。动力黏度的国际计量单位为牛顿·秒/米², 符号为 $N \cdot s/m^2$, 或为帕·秒, 符号为 $Pa \cdot s$ 。

(2) 运动黏度 ν

绝对黏度 μ 与密度 ρ 的比值称为液体的运动黏度 ν , 即

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1-5)$$

运动黏度的国际单位为 m^2/s , 还可使用斯 (St) 和里斯 (cSt) 表示, $1m^2/s = 10^4 St = 10^6 cSt$ 。

液体的运动黏度没有明确的物理意义, 但工程中常用运动黏度作为液体黏度的标志, 例如国产液压油的牌号就是该种油在 $40^\circ C$ 时的运动黏度平均值, 如通

用机床液压油 L - HL - 46 中, 数字 46 表示该液压油在 40℃ 时的运动黏度为 46cSt (平均值)。

(3) 相对黏度 $^{\circ}E_t$

绝对黏度和运动黏度都难以直接测量, 因此在工程中常常使用相对黏度, 它是采用特定的黏度计在规定的条件下测量出来的黏度。根据测量条件不同, 各国采用的相对黏度单位也不同, 有的用赛氏黏度, 有的用雷氏黏度, 我国采用恩氏黏度。

恩氏黏度采用恩氏黏度计测定。其方法是: 将 200mL 温度为 t 的被测液体装入黏度计的容器, 经其底部直径为 2.8mm 的小孔流出, 测其液体流尽所需时间 t_1 , 再测出 200mL 温度为 20℃ 的蒸馏水在同一黏度计中流尽所需时间 t_2 ; 这两个时间的比值即为被测液体在温度 t 下的恩氏黏度, 即

$$^{\circ}E_t = \frac{t_1}{t_2} \quad (1-6)$$

工业上一般以 20℃、50℃ 和 100℃ 作为测定恩氏黏度的标准温度, 并相应地以符号 $^{\circ}E_{20}$ 、 $^{\circ}E_{50}$ 、 $^{\circ}E_{100}$ 来表示。

工程中常采用先测出液体的相对黏度, 再利用下列的经验公式, 将恩氏黏度换算成运动黏度。

$$v = (7.31^{\circ}E_t - \frac{6.31}{^{\circ}E_t}) \times 10^{-6} \text{ (m}^2/\text{s)} \quad (1-7)$$

事实上, 液体的黏度是随液体的压力和温度而变化的, 对液压油来说, 压力增大, 黏度增大, 但在一般的液压系统使用压力范围内, 黏度增大的数值很小, 可以忽略不计。液压油黏度对温度的变化是十分敏感的, 当温度升高时, 其分子之间的内聚力减小, 黏度就随之降低。不同种类的液压油, 它的黏度随温度变化的规律也不同。我国常用粘温图表示油液黏度随温度变化的关系, 如图 1-3 所示, 温度升高, 黏度显著下降, 这种变化将直接影响液压系统的性能, 粘温特性好的液压油, 黏度随温度的变化较小。

4. 液压油的要求与选用

1) 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, 除了传递能量外, 还起着润滑、冷却、防锈的功能, 因此油液的性能会直接影响液压传动的性能。一般在选择油液时应满足下列几项要求。

- (1) 适宜的黏度和良好的粘温特性;
- (2) 具有良好的润滑性, 即油液润滑时产生的油膜强度高, 以免产生干摩擦;
- (3) 良好的化学稳定性, 即对热、氧化、水解、相容都具有良好的稳定性;
- (4) 抗泡沫性好, 抗乳化性好, 对金属表面有良好的相容性;

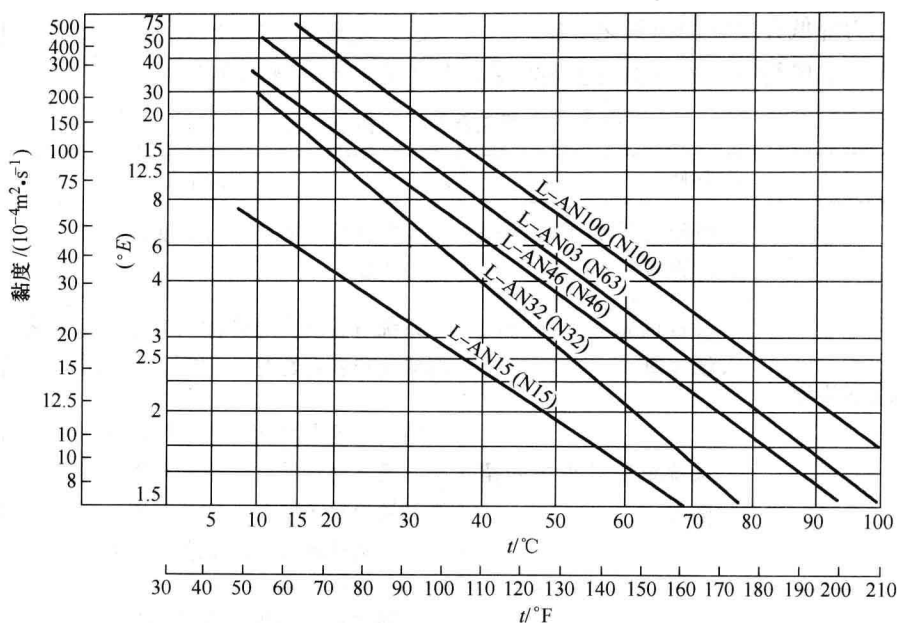


图 1-3 粘温特性图

- (5) 具有良好的防腐性、抗磨性和防锈性；
- (6) 油液纯净，含杂质量少等。

2) 液压油的选用

正确而合理地选用液压油，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则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、系统的发热温升等。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。

5. 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是否能正常工作。液压系统多数故障与液压油受到污染有关，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到元件里，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

润滑能力降低并使它加速氧化变质，产生气蚀，使液压元件加速腐蚀，使液压系统出现振动、爬行等。液压油的主要污染源及污染控制措施如表 1-1 所示。

表 1-1 污染源及污染控制措施

污染源		控制措施
固有污染物	液压元件加工装配残留污染物	元件在装配前要进行彻底清洗，达到规定的清洁度
	管件油箱残留污染物及锈蚀物	系统组装前要对管件和油箱进行清洗（包括酸洗和表面处理），使其达到规定的清洁度
	系统组装过程中残留污染物	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
外界侵入污染物	更换与补充液压时	定期更换液压油，更换新油前，油箱必须先清洗一次，系统较脏时，可用煤油清洗，排尽后注入新油，要对新油过滤净化处理
	经油箱呼吸孔侵入	采用密封式油箱（或带有挠性隔离器的油箱），安装空气滤清器和干燥器
	经油箱活塞杆侵入	采用可靠的活塞杆防尘密封，加强对密封的维护
	水、空气侵入	对油液进行除水处理，防止油箱内油液中气泡吸入泵内，提高各元件结合处的密封性
	维护与检修时	保持工作环境和工具的清洁；彻底清除与工作油液不相容的清洗液或脱脂剂；维修后循环过滤，清洗整个系统
内部生成污染物	元件磨损产物	要定期检查、清洗与更换滤油器，应根据设备的要求，采用合适的滤油器，在液压系统中选用不同的过滤方式，不同的精度和不同结构的滤油器
	油液氧化产物	控制液压油温，抑制油液氧化。一般液压系统的工作温度最好控制在 65℃ 以下，机床液压系统则应控制在 55℃ 以下

6. 液压油变质的判断方法

液压油在使用的过程中,会出现异物混入、品质下降等现象,会给液压系统的持续正常运转带来障碍,这种情况称为液压油变质。液压油变质后,常采用现场判断法和实验室“性能分析法”进行判断,二者都是通过与新油相比较来判断的。

工程中,常用现场判断法。现场判断法是将从油箱内或管道系统中提取的液压油放入试管和烧杯,然后与放入同样容器内的新油比较一下它们的颜色、气味和异物渗入状况。

1) 氧化变质的判断方法

- (1) 颜色由淡黄色变为黑褐色,透明度变差;
- (2) 散发出刺激性气味;
- (3) 把试样油滴在滤纸上,然后在室温下保持2~3个小时,在中心部位作一个有明显轮廓的核心,根据污染的程度该核心周围的颜色会从淡色变为深灰色(新油、未变质油比较均匀,感觉滑溜)。

2) 水、空气渗入的判断方法

- (1) 水、空气渗入后,液压油颜色呈乳白色,透明度变差,渗入的水分、气泡越多,透明度越差;
- (2) 在常温下或稍许加热后放置5~10小时,若是气泡,则从底部变清;若是水分,则从上部变清;
- (3) 将灼热的火钳伸进去,或者把油滴在加热后的铁板上,若是水分,则水分就会沸腾并发出“啪叽啪叽”的声音。

二、液体静力学

液体静力学研究液体处于相对平衡状态下的力学规律及其实际应用,所谓相对平衡,是指液体内部各质点间没有相对运动。

1. 液体静压力及其特性

所谓静压力是指静止液体单位面积上所受的力,用 p 表示。

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-8)$$

式中: A ——液体有效作用面积;

F ——液体有效作用面积 A 上所受的力。

压力单位为Pa(帕, $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$)或MPa(兆帕, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa}$)。在工程中,还有一些计量单位在使用,如工程大气压at等。

$$1\text{at} = 1\text{kg}/\text{cm}^2 = 9.8 \times 10^4 \text{N}/\text{m}^2 = 10^5 \text{Pa} = 0.1\text{MPa}$$

静压力具有下述两个重要特征:

- (1) 液体静压力垂直于作用面,其方向与该面的内法线方向一致;

(2) 静止液体中, 任何一点所受到的各方向的静压力都相等。

2. 液体静力学方程

在重力作用下, 密度为 ρ 的液体在容器内处于静止状态, 其外加压力为 p_0 , 内部受力情况可用图 1-4 (a) 表示。设容器中装满液体, 在任意一点 A 处取一微小面积 dA , 该点距液面深度为 h , 为了求得任意一点 A 的压力, 可取 $dA \cdot h$ 这个液柱为分离体 [见图 1-4 (b)]。根据静压力的特性, 作用于这个液柱上的力在各方向都平衡, 在垂直方向上列出它的静力学平衡方程为:

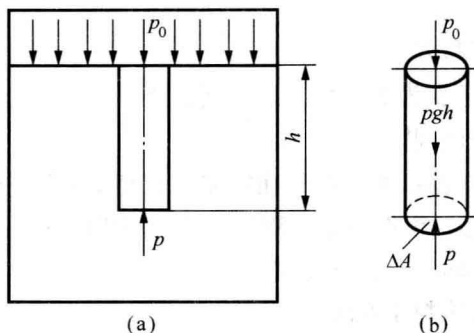


图 1-4 静压力的分布规律

$$\begin{aligned} p dA &= p_0 dA + \rho g h dA \\ p &= p_0 + \rho g h \end{aligned} \quad (1-9)$$

式中: p_0 ——作用在液面上的压力。

由静力学平衡方程 (1-9) 可知:

(1) 静止液体中任一点的压力均由两部分组成, 即液面上的表面压力 p_0 和液体自重而引起的对该点的压力 $\rho g h$;

(2) 静止液体内的压力随液体距液面的深度变化呈线性规律分布, 且在同一深度上各点的压力相等, 压力相等的所有点组成的面为等压面。很显然, 在重力作用下静止液体的等压面为一个平面。

液体在受外界压力作用的情况下, 由液体自重所形成的那部分压力 $\rho g h$ 相对较小, 在液压系统中常可忽略不计, 因而可近似认为整个液体内部的压力是相等的。

3. 压力的表示方法及单位

液体压力的表示方法通常有绝对压力和相对压力 (表压力)。绝对压力是以绝对真空为基准零值时所测得的压力, 相对压力是相对于大气压 (即以大气压为基准零值时) 所测量到的一种压力。当绝对压力低于大气压时, 就会产生真空, 并将绝对压力小于大气压力的数值称为该点的真空度。绝对压力、相对压力 (表压力) 和真空度的关系如图 1-5 所示。