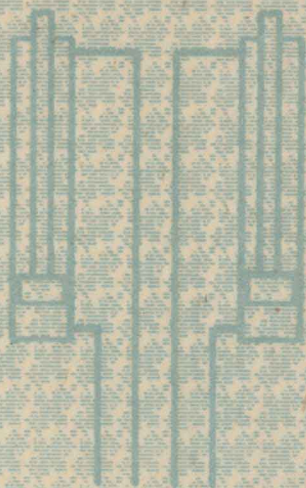
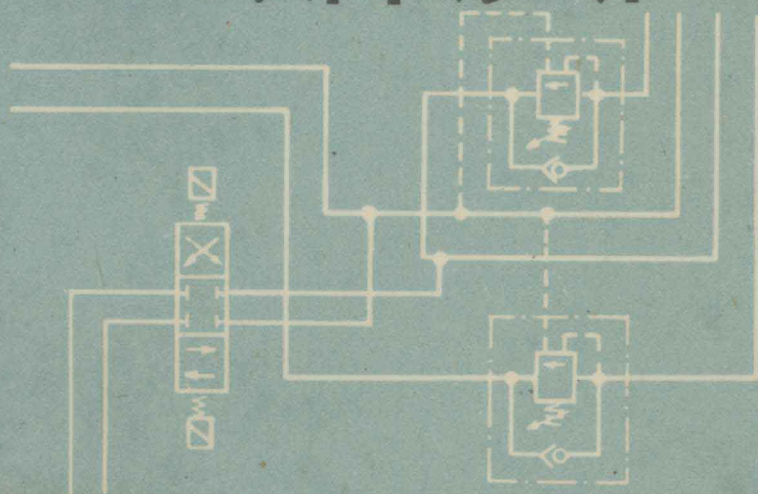


明仁雄 李臻鑫 刘永健 方之良 编著



装卸机械液压液力传动 及故障诊断

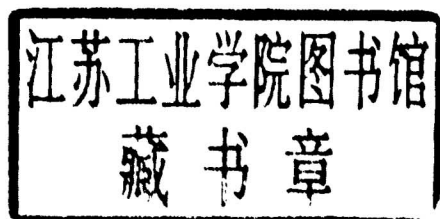


大连海运学院出版社

装卸机械液压液力传动及故障诊断

ZHUANGXIEJIXIE YEYA YELI CHUANDONG JI GUZHANGZHENDUAN

明仁雄 李臻鑫 编著
刘永健 方之良



大连海运学院出版社

(辽)新登字 11 号

内 容 简 介

《装卸机械液压液力传动及故障诊断》主要阐述液压、液力传动的基础理论;装卸搬运机械液压元件的工作原理、结构特点、工作性能及故障诊断;叉车、装载机、轮胎起重机、挖掘机、推土机、双带式卸船机及各种集装箱起重机等 12 种装卸机械液压系统的工作原理、常见故障的诊断及排除方法;液动力转向的工作原理、结构特点及故障诊断;液力传动及故障诊断。

本书可供液压、液力传动工程技术人员及设备使用、维护、管理人员参考,也可作为港口液压技术培训教材及大专院校工程机械类专业液压课程的教学参考书。

装卸机械液压液力传动及故障诊断

明仁雄 李臻鑫 编著
刘永健 方之良

责任编辑:李伯安

封面设计:徐兆康

*

大连海运学院出版社出版、发行

武汉市新集印刷厂印装

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 21.5 字数: 537 千

1993 年 7 月第 1 版 1993 年 7 月第 1 次印刷

印数: 0001—2000 定价: 16.00 元

ISBN 7-5632-0624-8/TH·10

前 言

随着装卸运输生产的发展,具有先进液压与液力传动装置的装卸搬运机械日益增多。液压与液力技术已成为有关工程技术人员必须掌握的一门专门知识。针对这种情况,我们根据多年从事液压与液力技术教学与实践的经验,在收集、分析大量国内外有关资料的基础上编著了《装卸机械液压液力传动及故障诊断》。

本书由液压传动与液力传动两大部分组成。在内容安排上,力求理论与实际相结合,在讲清主要概念、原理、结构的前提下,注意其工程实用性,避免繁琐的理论推导。在论述液压、液力传动基本理论的基础上,阐明了装卸搬运机械液压元件、液压传动系统、液压动力转向及液力传动装置的工作原理和特点,并用较大篇幅介绍了液压、液力元件及典型液压系统的故障诊断,以表格的形式给出了各种常见故障的诊断与排除方法。掌握了本书知识,不仅能正确使用、维护、管理好所使用的液压、液力设备,还能对设备的液压系统进行有效的故障诊断,并迅速排除故障。

本书第一章、第四章 § 4-2、§ 4-4、§ 4-6、§ 4-8、§ 4-12 及第五章由明仁雄编著;第二章 § 2-1、§ 2-2、§ 2-3 及第四章 § 4-11 由刘永健编著;第三章及第四章 § 4-3、§ 4-5、§ 4-7、§ 4-9、§ 4-10、§ 4-13 由方之良编著;第二章 § 2-4、第四章 § 4-1、第六章由李臻鑫编著。由明仁雄、刘永健统稿。

本书由马琼辉、张仁杰、张占成、王锡林主持审查。参加审阅工作的还有韩宝初、杨胜利、李太林、张军等。资料收集、编著出版工作得到天津港务局第一港埠公司、第二港埠公司、集装箱公司及日照港务局装卸一公司刘泰贤、装卸二公司蒋昌的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

尽管我们在编著过程中竭尽全力,但由于水平有限,书中仍不免会有错误及不妥之处,诚恳希望读者批评指正。

编 著 者

1993 年 4 月

目 次

第一章 液压传动基础知识	1
§ 1-1 液压传动的工作原理及系统的基本组成	1
一、液压传动的工作原理	1
二、液压系统的基本组成	2
三、液压传动的优缺点	
§ 1-2 液体传动中的工作液	4
一、液压油的物理性质	4
二、液压油的正确选择	7
§ 1-3 静止液体的力学基本规律	9
一、液体的压力及静力学基本方程	9
二、静压力对固壁的总作用力	10
§ 1-4 流动液体的力学基本规律	10
一、流动液体的连续性方程	11
二、液流的伯努利方程	11
三、动量方程	14
§ 1-5 液体流动中的能量损失	15
一、液体的两种流态及雷诺数	15
二、等径圆管中的沿程压力损失	16
三、局部压力损失	17
四、管路系统中总的压力损失及推荐流速	19
§ 1-6 液体在小孔及缝隙中的流动	20
一、流体在小孔及缝隙中流动的流量公式	20
二、液压卡紧现象	21
§ 1-7 液压冲击、气穴及气蚀	22
一、液压冲击	22
二、气穴与气蚀	23
第二章 液压元件及其故障诊断	24
§ 2-1 液压泵和液压马达	24
一、液压泵和液压马达的基本原理及性能参数	24
二、齿轮泵和齿轮马达	27
三、叶片泵和叶片马达	35
四、柱塞泵和柱塞马达	42
§ 2-2 液压控制阀	57
一、压力控制阀	58
二、流量控制阀	70

三、方向控制阀	75
四、港口装卸机械常用的几种专用阀	82
§ 2-3 液压缸	89
一、液压缸的种类及其特点	90
二、液压缸的密封	95
三、液压缸其它部分的结构	97
四、液压缸常见故障及排除方法	100
§ 2-4 液压辅件	101
一、滤油器	101
二、蓄能器	104
三、油箱及热交换器	107
四、油管及管接头	110
第三章 液压基本回路	114
§ 3-1 液压传动系统的型式	114
一、开式系统和闭式系统	114
二、串联系统和并联系统	115
三、单泵系统和多泵系统	115
四、液压系统的效率	116
§ 3-2 液压传动系统的基本回路	116
一、压力控制回路	116
二、方向控制回路	120
三、速度控制回路	125
第四章 典型港口装卸机械液压系统	135
§ 4-1 叉式装卸车液压系统	135
一、概述	135
二、丰田 40—3FD60 型叉车液压系统	135
三、丰田 40—3FD60 型叉车液压系统常见故障的诊断	137
四、三菱 2.5t 叉车液压系统	138
五、港口常用的几种叉车的液压系统原理图	140
§ 4-2 轮式装载机液压系统	142
一、工作装置液压系统	142
二、助力转向液压系统	144
三、动力换档变速箱液压操纵系统	150
四、轮式装载机液压系统常见故障及排除方法	151
§ 4-3 克拉克(CLARK)900 系列山猫清舱机液压系统	153
一、铲斗升降及倾翻回路	153
二、车轮驱动回路	155
三、液压系统常见故障及排除方法	158
§ 4-4 推土机液压系统	161
一、推土机工作装置液压系统	161

二、推土机液压系统常见故障及排除方法	169
§ 4-5 轮式起重机液压系统	170
一、住友(SUMITOMO) UC-25 型轮胎起重机液压系统	170
二、多田野(TADANO) TS-80M 型汽车起重机液压系统	176
§ 4-6 门座起重机变幅机构液压系统	179
一、变幅驱动机构液压系统	179
二、变幅液压系统常见故障及排除方法	181
§ 4-7 集装箱叉车液压系统	181
一、海斯特(HYSTER) H26.00C 型集装箱叉车液压系统	181
二、泰勒(TAYLOR) TEC-950L 型集装箱叉车液压系统	194
§ 4-8 ORMIG M60 型集装箱正面吊运机液压系统	198
一、臂架伸缩及变幅液压系统	199
二、吊具液压系统	202
三、遥控操纵液压系统	204
四、半挂车吊爪液压系统	205
五、动力转向液压系统	206
§ 4-9 岸边集装箱起重机液压系统	207
一、住友(SUMITOMO)岸边集装箱起重机液压系统	207
二、ZQ30/26 型岸边集装箱起重机液压系统(上海港机厂)	212
三、日立(HITACHI)岸边集装箱起重机液压系统	214
§ 4-10 轮胎式集装箱龙门起重机液压系统	217
一、三井-帕色科(MITSUI-PACECO)轮胎式集装箱龙门起重机液压系统	217
二、日立(HITACHI)轮胎式集装箱龙门起重机液压系统	221
§ 4-11 “新波特”750t/h 双带式卸船机液压系统	227
一、概述	228
二、辅助油路	228
三、转台回转、横臂变幅和垂臂摆动运动液压系统	228
四、回转、变幅和摆动回路的维护保养	231
五、工作装置的压力、温度和流量的调节	232
§ 4-12 挖掘机液压系统	234
一、概述	234
二、典型挖掘机液压系统分析	234
三、挖掘机液压系统常见故障及排除方法	238
§ 4-13 港机液压系统故障诊断	241
一、液压系统的故障率	241
二、液压系统的故障预兆	241
三、液压系统的故障检测	243
第五章 转向液压伺服系统及其故障诊断	248
§ 5-1 液压伺服系统的基本概念	248
一、液压伺服系统的工作原理及基本组成	248

二、液压伺服系统的特点	249
三、控制滑阀的开口形式及特性	250
§ 5-2 转向液压伺服系统概述	251
§ 5-3 滑阀式液压转向机构	252
一、控制阀、转向液压缸一体式	252
二、转向器、控制阀一体式	252
三、分置式	255
§ 5-4 全液压转向机构	258
一、转阀式全液压转向机构液压系统	258
二、滑阀式全液压转向机构液压系统	263
§ 5-5 带负荷传感和流量放大的液压转向系统	265
一、工作原理	265
二、流量放大液压转向系统的优点	269
§ 5-6 液压转向系统故障诊断	269
一、转阀式全液压转向器常见故障及其排除方法	269
二、VOLVO L160 型轮式装载机液压转向系常见故障及其排除方法	270
第六章 液力传动及其故障诊断	272
§ 6-1 液力传动概述	272
一、液力传动与液压传动的区别	272
二、液力传动的工作原理	272
三、液力传动的的基本类型	272
四、液力传动的主要特点	274
五、液力传动在港口装卸机械中的应用	274
§ 6-2 液力传动的基本知识	275
一、液体在工作轮中的运动	275
二、力矩方程式	278
三、相似理论和力矩公式	280
§ 6-3 液力耦合器	282
一、液力耦合器的结构及工作原理	282
二、液力耦合器的特性	283
三、液力耦合器与内燃机的共同工作	286
四、液力耦合器的基本类型及其应用	288
§ 6-4 液力变矩器	293
一、液力变矩器的工作原理	293
二、液力变矩器的特性	294
三、液力变矩器的结构型式	298
四、液力变矩器与内燃机的共同工作	301
五、液力变矩器的尺寸选择	304
六、液力变矩器的应用实例	306
§ 6-5 液力机械传动	308

一、液力机械传动中行星齿轮机构的特点	308
二、行星排的运动学	310
三、液力机械传动的几种型式	311
§ 6-6 液力传动的维护及故障排除	314
一、液力传动的日常维护与检查	314
二、液力传动常见故障的诊断及排除方法	317
三、液力传动装置的定期解体检查及维护保养	321

附录

第一章 液压传动基础知识

流体传动是机械设备中普遍采用的一种传动方式。它广泛地应用在叉车、装载机、推土机、轮胎式起重机、门座起重机、集装箱叉车、集装箱正面吊运机、岸边集装箱起重机(岸桥)、轮胎式集装箱龙门起重机(场桥)等港口装卸运输机械中。

用液体作为工作介质进行能量传递的传动称作液体传动。液体传动又分为液压传动和液力传动。前者是利用液体的压力能进行工作,后者是利用液体的动能进行工作。

本章主要介绍液压传动的工作原理、液压系统的主要组成、液压传动工作介质及液压流体力学基本知识。

§ 1-1 液压传动的工作原理及系统的基本组成

一、液压传动的工作原理

图 1-1 为液压传动工作原理图。图中 2、1 为直径不等的大小活塞,4、3 为大小缸筒。活塞与缸筒之间配合恰当,使活塞既可在缸内自由滑动又不致使缸内液体泄漏。缸筒 3、4 用管道 5 连通。活塞 1、2 的下腔与管道 5 中充满液体。这些液体处在密封容积内。如图示,在活塞 2 上放置重物(重力为 W),向活塞 1 施加力 F 以平衡负载力 W 。当力 F 达到一定大小时就能阻止重物下降,这说明密封容积中的液体可以传递动力。活塞 1 在 F 力作用下向下运动时,将缸筒 3 中的液体挤到缸筒 4 中,重物随之向上运动。由此可见,密封容积中的液体不但可以传递动力,还可以传递运动。

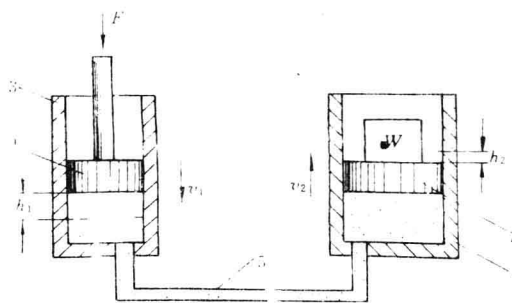


图 1-1 液压传动工作原理图

活塞 2 的力平衡条件是 $W = p_2 A_2$ (A_2 为活塞 2 的面积, p_2 为作用在活塞 2 上的压力), 即 $p_2 = W/A_2$ 。当在活塞 1 上施加力 F 时, 活塞 1 的力平衡条件是 $F = p_1 A_1$ (A_1 为小活塞的面积, p_1 为作用在小活塞上的压力)。根据帕斯卡原理(详见 § 1-3), $p_1 = p_2 = p$, 可得到:

$$\frac{F}{A_1} = p = \frac{W}{A_2} \quad \text{或} \quad F = \frac{W}{A_2} A_1 = p A_1 \quad (1-1)$$

由式(1-1)可以看到:输入力 F 是通过压力 p 来传递的。只因作用在活塞 2 上有负载 W , 才需要在活塞 1 上作用力 F 来与其平衡。有了负载 W 及作用力 F 才产生液体压力 p 。此时负载的大小决定了液体压力的大小(当有效作用面积一定时)。在液压传动中,压力取决于负载,这是一个很重要的概念。

由式(1-1)可得:

$$\frac{W}{F} = \frac{A_2}{A_1} \quad (1-2)$$

设 $A_2 > A_1$, 则 $W > F$ 。即用较小的力 F 就能克服较大的负载。液压千斤顶就是利用这个原理工作的。

从图 1-1 可以看到, 当活塞 1 向下移动一段距离 h_1 时, 从液压缸 3 中被挤出的液体体积为 $A_1 h_1$ 。这部分液体进入液压缸 4 使活塞 2 上升 h_2 , 其让出的体积为 $A_2 h_2$ 。如不考虑液体的泄漏及可压缩性, 则两体积应当相等, 即:

$$A_1 h_1 = A_2 h_2 \quad \text{或} \quad \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-3)$$

式(1-3)表明, 两活塞的位移与其面积成反比。

因两活塞的移动是在同一时刻完成的, 设完成时间为 t , 则活塞 1、2 移动的速度分别为 $v_1 = h_1/t$, $v_2 = h_2/t$ 。两速度相比可得:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-4)$$

式(1-4)表明, 活塞移动的速度与活塞的面积成反比。该式还可写成:

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (1-5)$$

式(1-5)在流体力学中称为连续性方程。

将单位时间内流过某过流截面液体的体积称作流量, 用符号 Q 表示。流量是液压技术中的重要参数之一。从式(1-5)可以看到: 从液压缸 3 排出的流量 Q_1 ($Q_1 = v_1 A_1$) 与进入液压缸 4 的流量 Q_2 ($Q_2 = v_2 A_2$) 相等, 即:

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1-6)$$

式(1-6)表明, 当活塞 2 的面积 A_2 确定后, 负载的运动速度仅取决于进入液压缸 4 的流量。简言之: 速度取决于流量(这是液压传动中又一重要概念)。如果连续调节进入液压缸的流量 Q , 就会使得 v_2 连续变化, 从而实现无级调速。

将(1-2)和(1-4)式等式两边相乘得:

$$W v_2 = F v_1 \quad (1-7)$$

式(1-7)表明, 在液压传动中, 若不考虑损失, 传递功率将保持不变。

由式(1-1)、(1-6)可得到:

$$N = W v_2 = F v_1 = p Q \quad (1-8)$$

式(1-8)表明, 在液压传动中, 功率等于压力与流量的乘积。该式是液压传动中常用的功率计算公式。在图 1-1 所示传动中, 输入的是机械功率 ($F v_1$), 输出的也是机械功率 ($W v_2$), 通过液体介质实现能量的转换。先由机械能转变为液压能 ($p Q$), 后又由液压能转变为机械能。

二、液压系统的基本组成

液压系统的基本组成可用图 1-2 所示推土机简化液压系统图加以说明。液压泵 3 由原动机(内燃机或电动机)带动工作。液压泵从液压油箱 2 中抽汲油液, 并从泵的出口排出压力油。油液经过油管 7 进入换向阀 5。在图示位置, 液压油进入换向阀后经油管 10 流回油箱。此时, 液压

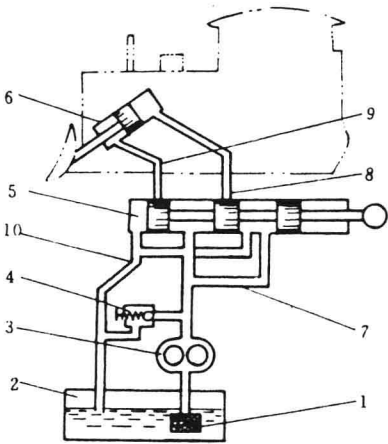


图 1-2 推土机液压系统简图

1-滤油器 2-油箱 3-液压泵 4-安全阀 5-换向阀 6-液压缸 7、8、9、10-油管

泵处于卸荷状态(泵排出油液,但油压为零);通往液压缸的油管 8、9 被滑阀阀芯封闭,液压缸处于闭锁状态。换向阀阀芯向右移动时,将油管 7 到油管 10 的通道切断。油液经油管 7、换向阀 5 及油管 8 进入液压缸 6 的无杆腔。此时,进入液压缸无杆腔的油液遇到阻碍,系统油液压力增高直到克服阻力,即直到克服外负载而推动活塞杆外伸。从液压缸有杆腔排出的油液经油管 9、换向阀 5 及油管 10 返回油箱。当换向阀阀芯继续右移时,压力油管 7、通往液压缸的油管 8、9 均与回油管 10 相通,液压缸处在浮动状态。当换向阀阀芯由图示位置向左移时,油液经油管 7、换向阀 5 及油管 9 进入液压缸有杆腔。在压力油的作用下,活塞杆内收,液压缸无杆腔内的油液经油管 8、换向阀 5 及油管 10 排回油箱。操纵换向阀便可使液压缸活塞杆进行往复直线运动。若液压缸 6 用来操纵如图示推土机的推土刀片,便可通过操纵换向阀来调节推土机刀片的升降。安全阀 4 的作用是限制系统的最高工作压力,防止过载。当活塞杆受到的外载荷过大而使系统压力上升到超过其允许值时,球体离开阀座,油液经该阀流回油箱。此时系统压力不再上升。滤油器 1 的作用是过滤油液中的杂质,以减少各液压件运动副的磨损和保证系统正常工作。

从上述可知,液压传动系统是由若干具有特定功能的液压元件(部件)组成的完成某种具体任务的整体。通常一个完整的液压系统由以下五部分组成:

- (1) 动力元件——液压泵。用来将原动机的机械能转换成液压能。
- (2) 执行元件——液动机(液压缸或液压马达)。通过它将液压能转换为机械能。
- (3) 控制元件——各种阀。利用它们控制系统液流的压力、流量及方向,以满足工作装置对传动性能的要求。

(4) 辅助元件——液压油箱、管道、管接头、滤油器及各种控制检测仪表等。它们的作用是贮存、输送、净化工作液、散热及监测系统。在有些系统中,为了进一步改善系统性能,还采用了蓄能器、加热器及散热器等辅助元件。

- (5) 工作介质——工作液(主要是液压油)。用来传递能量。

在实际中,并不把液压系统图绘制成如图 1-2 那样的简化结构示意图,而是按国家标准 GB786-76 规定的符号(见附录表 1)绘制液压系统工作原理图。推土机的液压系统工作原理图如图 1-3 所示。现行的液压系统图图形符号只表示元件的职能及连接通路,不表示元件具体的结构及结构参数,也不表示系统布置的具体位置或元件在机器中的实际安装位置。

三、液压传动的优缺点

液压传动具有如下优点:

(1) 可方便地实现无级调速,调速范围大,调速比可达 $400:1$ 。柱塞式液压马达的最低稳定转速可达 $1\sim 2\text{ r/min}$,液压缸的运动速度可低于 $1\times 10^{-5}\text{ m/s}$ 。这是电力传动难以达到的。因此可用液压缸或液压马达直接获得低速强力和低速大扭矩运动,而无需增加减速器。

(2) 在输出相同功率的条件下,液压传动装置体积小,重量轻,结构紧凑,承载力大。

(3) 由于液压元件体积小、重量轻、惯性小,因而响应快,换向频率高,且换向平稳。

(4) 易于实现自动化。特别是采用电液或气液联合传动时,不但可实现复杂的自动控制过程,还可以遥控。

(5) 借助管路连接可以方便合理地布置传动机构。

(6) 易于实现过载保护。同时,由于以油液为工作介质,其相对运动表面具有自润滑能力,所以运动副磨损小,寿命长。

(7) 液压元件易于实现系列化、标准化、通用化,便于设计制造及推广使用。

液压传动的主要缺点是:

(1) 因液压系统存在压力损失及油液泄漏,致使传动效率较低。油液外泄还会造成环境污染。

(2) 液压系统出现故障不易检查,难以迅速及时排除。

(3) 液压元件要求制造工艺水平高,因而价格较高。操作及维修需要较高的技术水平。

(4) 油温及负载的变化往往影响液压系统运动速度的平稳性。

(5) 对污染敏感。而油液污染是造成液压设备发生故障的主要原因。

(6) 随着液压技术向高压大流量发展,液压元件及系统的噪音相应增大,这是亟待解决的问题。

随着科学技术的发展,液压传动的某些缺点正逐渐被克服,液压技术必将达到更高的水平。

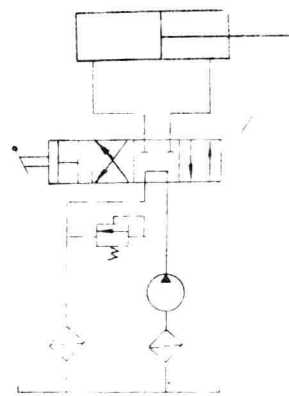


图 1-3 推土机液压系统工作原理图

§ 1-2 液体传动中的工作液

液压、液力传动均以液体作为工作介质来传递能量。常用的工作液主要是矿物油,也可是合成液体、水或油水乳化液。

工作液性质的不同及品质的优劣会大大地影响液压系统的工作性能。

一、工作液的物理性质

1. 液体的密度、重度及相对密度(比重)

单位容积中液体的质量称为该液体的密度。用符号 ρ 表示:

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (1-9)$$

式中: M ——液体的质量, kg ;

V ——液体的容积, m^3 。

单位容积中液体的重量称为该液体的重度。用符号 γ 表示:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{N/m}^3) \quad (1-10)$$

式中: G ——液体的重量, N 。

液体重度与密度的关系是:

$$\gamma = \rho g \quad (1-11)$$

式中: g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{m/s}^2$ 。

严格地说,液体的密度和重度是随着温度和压力的变化而变化的。但对于普通的液压系统,在其使用的温度及压力范围内可以将其近似地看做常数。工程机械中常用的矿物油的密度 $\rho = (890 \sim 910) \text{kg/m}^3$, 重度 $\gamma = (8.731 \sim 8.927) \times 10^4 \text{N/m}^3$ 。

相对密度是指某均质流体在给定温度下(对液压油,一般是指 20°C)的密度与蒸馏水在压力为 101325Pa 、温度为 4°C 时的密度之比。相对密度是无因次量,通常用符号 δ 表示。

2. 液体的粘性

1) 粘性的定义及度量

液体受外力作用而流动时,液体内部产生内摩擦力的性质叫做液体的粘性。静止不动的液体不呈现粘性。粘性的大小可以用粘度来度量。粘度大,液层间的内摩擦力就大,通常称油液“稠”,反之油液就“稀”。粘度是液压系统中选择工作液的主要指标。

如图 1-4 所示,两平行平板相距 h ,其间充满液体。下平板不动,上平板以速度 U 向右运动,则板间液体运动速度如图示按线性规律分布。各层液流间有相互牵制作用,这种相互牵制力就是液体内摩擦力或粘性力。根据试验研究,液体流动时,其层间内摩擦力 T 与接触面积 A 和速度增量 du 成正比,而与层间距离 dz 成反比(见图 1-4)。

即:

$$T = \mu A \frac{du}{dz} \quad \text{或} \quad \tau = \mu \frac{du}{dz} \quad (1-12)$$

式中: τ ——单位面积上的摩擦力(剪切力);

$\frac{du}{dz}$ ——速度梯度,即液层间相对速度对液层距离的变化率;

μ ——表示液体粘性的内摩擦系数,又称液体动力粘度。

液体的粘度通常有三种不同的单位:绝对粘度 μ 、运动粘度 ν 及相对粘度。

绝对粘度又称动力粘度。动力粘度可以看作面积各为 1cm^2 、相距 1cm 的两平行液体层,当其中一层以 1cm/s 的速度相对于另一层运动时所产生的内摩擦力。

在国际单位制中,动力粘度 μ 用帕·秒($\text{Pa} \cdot \text{s}$)表示。在 CGS 制中动力粘度的单位是泊($\text{dyn} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$),百分之一泊叫厘泊,即 $1\text{泊} = 10^2\text{厘泊}$ 。它们之间的换算关系是:

$$1\text{Pa} \cdot \text{s} = 10\text{泊} = 10^3\text{厘泊} \quad (1-13)$$

液体动力粘度 μ 和其密度 ρ 的比值称为运动粘度,用符号 ν 表示:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{m}^2/\text{s}) \quad (1-14)$$

在 CGS 制中运动粘度 ν 的单位为斯($\text{St}, \text{cm}^2/\text{s}$),百分之一斯为厘斯(cSt),即 $1\text{St} = 10^2\text{cSt}$ 。其换算关系为:

$$1\text{m}^2/\text{s} = 10^4\text{斯}(\text{cm}^2/\text{s}) = 10^6\text{厘斯}(\text{mm}^2/\text{s})。 \quad (1-15)$$

因绝对粘度很难直接测量,人们常常利用液体粘性愈大通过量孔愈慢的特性来测量其相对粘度。各国采用的相对粘度单位也有所不同,有恩氏度($^\circ\text{E}$, 苏),赛氏秒(SSU, 美)及雷氏秒(R'' , 商)。它们都是根据在一定温度下,一定量的油液流过一定直径的油孔所需要的时间来计算。相对粘度与运动粘度换算的经验公式是:

$$\nu(\text{mm}^2/\text{s}) = AD - \frac{B}{D} \quad (1-16)$$

式中: D ——所测各相对粘度值, $^\circ\text{E}$, SSU 或 R'' ;

A, B 值见表 1-1。

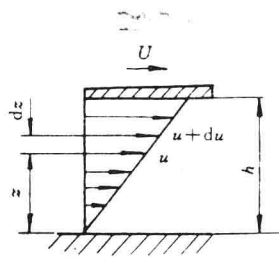


图 1-4 油液的粘性

表 1-1 A、B 值

	A	B
恩氏度 °E	7.31	6.31
赛氏秒 SSU	0.22	180
雷氏秒 R"	0.26	172

2) 压力和温度对粘性的影响

(1) 粘压特性

液体的动力粘度与压力的关系可用以下经验公式表示：

$$\mu = \mu_0 e^{bp} \quad (1-17)$$

式中： μ 、 μ_0 ——分别表示压力为 p 及 0.1MPa 时的动力粘度；

b ——取决于液体物理性能的粘压系数，当 $p < 50\text{MPa}$ 时，可粗略地取 $b = (0.002 \sim 0.003)/(0.1\text{MPa})$ ；当系统工作压力 $p < 10\text{MPa}$ 时，可以忽略压力对粘性的影响。

(2) 粘温特性

液体的粘性对温度十分敏感，其动力粘度与温度的关系可以用以下经验公式表示：

$$\mu = \mu_0 e^{\lambda(t-t_0)} \quad (1-18)$$

式中： μ 、 μ_0 ——分别为温度 $t^\circ\text{C}$ 及 $t_0^\circ\text{C}$ 时液体的动力粘度；

λ ——取决于液体物理性质的粘温系数，对矿物油可取 $\lambda = (1.8 \sim 3.6) \times 10^{-2}/^\circ\text{C}$ 。

几种国产油的粘温图如图 1-5 所示。我国液压油的标准牌号所标明的号数就是该油液在

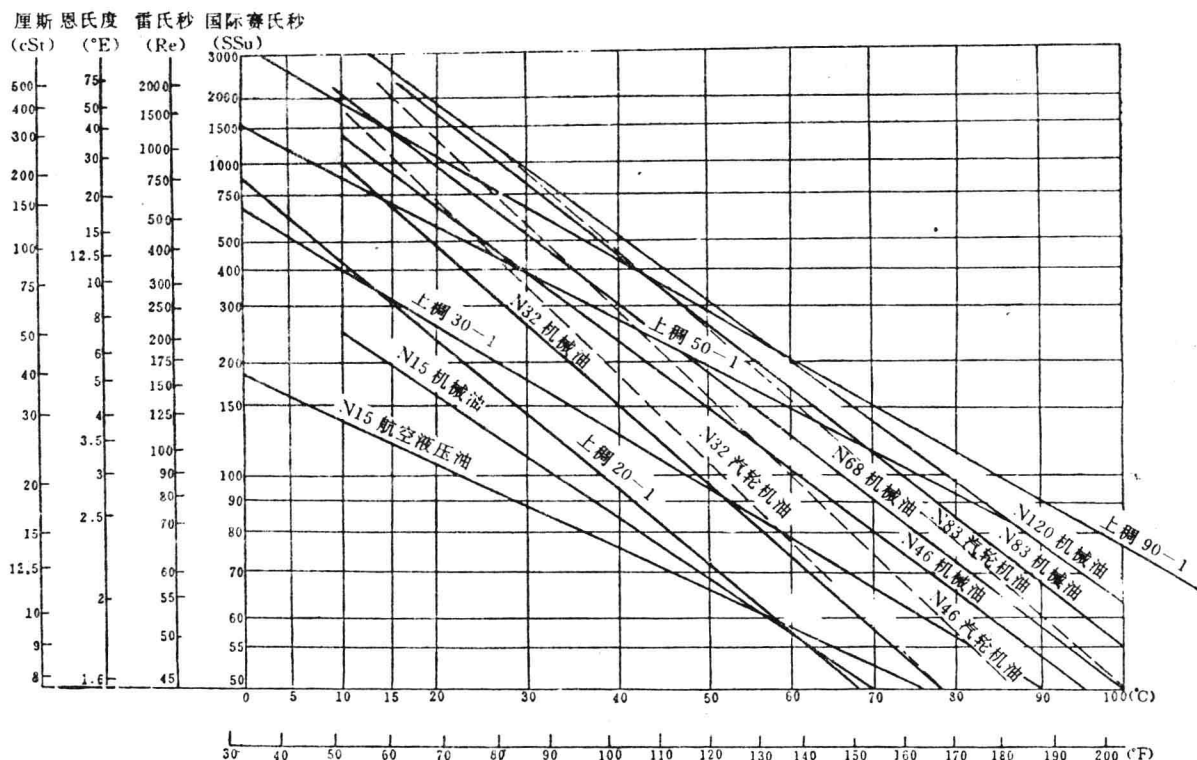


图 1-5 几种国产油的粘温特性

40℃时的运动粘度的平均值(即标号 $\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$)。如 N46 汽轮机油在 40℃时的名义运动粘度 $\nu=46\times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ 。液体的粘温特性还可以用粘度指数表示,粘度指数越高,液体的粘温特性越好,即当温度变化时,其粘性变化小。各种液压油粘度指数值可在液压手册中查找。液压油的粘度指数都要求在 90 以上。

二、液压油的正确选择

正确地选择液压油是保证液压设备、液压系统正常运转及高效率的前提。

液压油应具有适当的粘度及良好的粘温性,良好的润滑性及化学稳定性,抗氧化,防锈蚀,抗燃烧,不易乳化,不破坏密封材料,无毒并具有一定的消泡能力。

选择液压油首先要考虑的是如何正确选择粘度。可以按以下两种方法确定系统工作油液的粘度。

一种是按照泵(或阀)所规定的液压油牌号来选用。通常在泵(或阀)的使用说明书中对油液的粘度都有规定。也可参考表 1-2 进行选择。

表 1-2 按照液压泵类型推荐用粘度表 mm^2/s (50℃)

泵 型		系 统 工 作 温 度	
		5~40℃	40~80℃
叶片泵	<7MPa	19~29	25~44
	>7MPa	31~42	35~55
齿轮泵		19~42	58~98
径向柱塞泵		19~29	38~135
轴向柱塞泵		26~42	42~93

注:压力高、温度高、速度低时取大值。

另一种方法是根据液压系统的工作压力、工作环境温度及执行液压元件的运动速度来选择。选择原则如下:

1. 根据系统的工作压力 p 来选择:

当 $0 < p < 7\text{MPa}$ 时, 取 $\nu_{40} = (32 \sim 68) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$;

当 $7 < p < 21\text{MPa}$ 时, 取 $\nu_{40} = (68 \sim 100) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$;

当 $21 < p < 32\text{MPa}$ 时, 取 $\nu_{40} \geq 100 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 。

2. 对于油温没有控制的液压系统,冬季应采用粘度较低的油液,夏季应采用粘度较高的油液。对于工程机械,由于户外温度变化大,使用的液压油粘度指数最好在 120 以上。

3. 对应用高速马达及快速液压缸的液压系统,为了减少功率损失,应选用粘度较低的液压油。反之,当工作部件运动速度较低时,应选用粘度较高的液压油。

选择液压油还应考虑系统所处环境的特殊要求及经济性。

常见国产液压液力油种类、性质及用途见表 1-3。

国内外主要液压油对照参看附录表 2。

表 1-3 油的种类、用途及主要性能

油品	牌号	运动粘度 (50℃, 10 ⁻⁶ m ² /s)	凝点 C 不高于	主要性能	适用范围
机械油	N15	7—13	—15	抗氧化安定性、抗泡性一般	适用于 8MPa 以下的中、低压液压系统, N15、N32、N46、N68、N83 号油用于环境温度 0℃ 以上, N120 号油用于环境温度 10℃ 以上
	N32	17—23	—15		
	N46	27—33	—10		
	N68	37—43	—10		
	N83	47—53	—10		
	N120	67—73	0		
普通液压油	YA—N32	17—23	—10	抗氧化安定性、抗泡性、防锈性好, 抗磨性较好	适用于 14MPa 以下中高压液压系统, 环境温度 0℃ 以上
	YA—N16	27—33	—10		
	YA—N68	37—43	—10		
	YA—N100	57—63	—10		
	YA—N150	77—83	—10		
汽轮机油	N32	18—22	—15	有较好的抗氧化安定性	适用于 8MPa 以下的中、低压液压系统, 环境温度 0℃ 以上
	N46	28—32	—10		
	N68	37—43	—10		
抗磨液压油	YB—N32	17—23	—25	抗磨性好, 其他性质同普通液压油	适用于 16MPa 以上的高压液压系统, 其中 N32Y、N68Y 号适用于有银部件的液压系统。环境温度—15℃ 以上
	YB—N32Y	17—23	—25		
	YB—N46	27—33	—25		
	YB—N68	37—43	—25		
	YB—N68Y	37—43	—25		
低凝液压油	YC—N32	17—23	—35	凝点低, 粘度指数高, 粘温性好, 抗氧化安定性, 抗泡性、防锈性好, 抗磨性较好	N32、N46、N68 号低凝液压油适用于环境温度—25℃ 以上, N68D 号则适用于—35℃ 以上、14MPa 以下的中高压液压系统
	YC—N46	27—33	—35		
	YC—N46D	25—35	—45		
	YC—N68	37—43	—35		
稠化液压油	上稠 20—1	12.51	—33	凝固点低, 抗氧化安定性好, 防锈、润滑、粘温性能好	上稠 90-1 适用于环境温度—15℃, 上稠 20-1、兰稠 30-1 适用于—20℃、兰稠 40-1、兰稠 40-2 适用于—25℃, 上稠 30-1、上稠 50-1 适用于—35℃、14MPa 以下的中高压液压系统
	上稠 30—1	18.67	—49		
	上稠 50—1	40.56	—48.5		
	上稠 90—1	60.31	—27.5		
	兰稠 30—1	17.85	—32		
	兰稠 40—1	29.66	—38		
	兰稠 40—2	27.35	—37		
磷酸脂抗燃液压油	YRD—3(4613)	不大于 15	—20	自燃点高、挥发性低, 抗氧化安定性好, 润滑性好, 但要相适应的密封材料	适用于要求燃点高、高压、精密的液压系统, 但价格较高
	YRD—3	不大于 14	—20		
	—1(4613—1)				
	YRD—4(4614)	不大于 20	—20		
普通液力传动油	YLA—N32	5~7	—30		N32 号为内燃机及载重机油用油, N46 号为小轿车及轻型卡车用油
	YLA—N46	7.5~9 (100℃ 时)	—50		
抗磨液力传动油	YLB—N46	6.8~9	—15		野外的农业及建筑机械用油, 满足大马力液力机械变速箱、液力变矩器, 齿轮润滑及液压操纵等方面的综合要求
	YLB—N68		—33		
	YLB—N100	9~11	—30		