



交通版普通高等教育规划教材  
JIAOTONGBANPUTONGGAODENGJIAOYUGUIHUAJIAOCAI



卓越工程师教育培养计划配套教材  
ZHUOYUEGONGCHENGSHIJIAOYUPETIYANGJIHUAPEITAOJIAOCAI

# 公路工程机械 液压系统

## Hydraulic Systems of

## Highway Construction Machinery

曹源文 马丽英 归少雄 主编

焦生杰 主审



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.



交通版普通高等教育规划教材  
JIAOTONGBANPUTONGGAODENGJIAOYUGUIHUAJIAOCAI



卓越工程师教育培养计划配套教材  
ZHUOYUEGONGCHENGSHIJIAOYUPEIYANGJIHUAPEITAOJIAOCAI

# 公路工程机械 液压系统

## Hydraulic Systems of

## Highway Construction Machinery

曹源文 马丽英 归少雄 主编

焦生杰 主审



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书系统介绍了液压传动油液的静力学和动力学等基本理论,关键液压元件的基本结构和原理,基本液压回路的组成和特点,典型公路工程机械液压系统及其设计与计算。全书共分9章,内容包括:液压传动基本理论、液压元件、液压基本回路、工程机械液压系统的要求及性能指标、土石方工程机械液压系统、路面施工机械液压系统、起重机液压系统、养护机械液压系统、液压系统设计等。此外,本书紧跟液压技术发展,将新的技术成果注入公路工程机械液压系统当中。

本书可作为机械制造及其自动化、交通运输工程、车辆工程、农业机械化工程、道路与铁道工程等相关专业的本科教材或教学参考书,也可供从事工程机械、动力工程以及公路、铁路、港口码头施工等工作的技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

公路工程机械液压系统/曹源文,马丽英,归少雄

主编.—北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.1

ISBN 978-7-114-11952-1

I. ①公… II. ①曹… ②马… ③归… III. ①道路工程—  
工程机械—液压系统 IV. ①U415.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 003574 号

书 名:公路工程机械液压系统

著 作 者:曹源文 马丽英 归少雄

责任编辑:刘永芬 郭红蕊

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:20

字 数:445千

版 次:2015年1月 第1版

印 次:2015年1月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11952-1

印 数:0001~3000册

定 价:39.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

# 前言 Foreword

随着我国经济的持续快速发展,公路工程机械在经济建设中发挥着越来越重要的作用。液压系统具有体积小、输出力大且易调整、调速范围广,易于实现无级调速、能有效防止过载及自动化程度高等特点,在公路工程机械中得到了广泛的应用。工程机械液压系统的性能直接影响到工程施工的质量和效率,因此,熟悉液压系统的工作原理和典型应用,对于提高公路工程机械的技术性能和工程施工质量有着十分重要的意义。

本教材是为国家“卓越工程师教育培养计划”的机械设计制造及其自动化专业工程机械方向以及交通建设与装备等相关专业人员而编写。

编者对有关液压传动及工程机械液压系统的主要论著和研究成果进行了汇总、分析及整理,并加入国内外典型工程机械的液压系统。全书共9章。主要讲述液压技术的基本理论,各种液压元件的结构、工作原理、特点及应用,液压基本回路,工程机械液压系统要求及性能指标,土石方工程机械、路面施工机械、起重机械和养护机械的液压系统及其设计计算等内容。

各章首页均给出了学习目的和要求、学习指南和章节要点,以及导入案例,增强学生学习的针对性和对所学知识的感性认识,激发学习兴趣并促进思考。同时,各章末给出了相当数量的习题。

本书在编写过程中,贯彻了理论分析与实际应用相结合的原则。既进行理论分析,阐述结构及其原理,又与相关的实际应用相联系,以培养学生创新思维能力;通过应用案例,培养其分析和解决实际问题的能力,提高学生运用液压技术、分析液压系统、设计和应用工程机械液压系统的能力。

本书可作为机械设计制造及其自动化、交通建设与装备、农业机械、军用车辆、汽车拖拉机、土木工程、道路与铁道工程等相关专业的本科教材或教学参考书,也可供从事工程机械、车辆工程以及公路、铁路、港口码头施工等技术人员参考。

本书由重庆交通大学曹源文、马丽英、归少雄主编,各章分工为:第1、4、8章由曹源文教授编写;第3、5、6章由马丽英编写;第2、7、9章由归少雄编写;全书由曹源文统稿。

在本书的编写过程中,主审长安大学焦生杰教授提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

当今,我国工程机械液压技术飞速发展,新技术、新方法不断涌现;由于我们掌握的资料有限,书中缺点与疏漏在所难免,希望同行专家和使用本书的单位与个人提出宝贵意见,径寄重庆交通大学机电学院(邮政编码 400074),以利适时修订。

编者

2014年7月

# 目 录 Contents

第1章 液压传动基本理论 .....	1
1.1 液压传动 .....	3
1.1.1 定义 .....	3
1.1.2 工作原理 .....	3
1.1.3 液压系统组成 .....	6
1.1.4 液压系统职能符号图 .....	7
1.1.5 液压系统的特点、应用及发展趋势 .....	8
1.2 工作介质-液压油 .....	10
1.2.1 液体性质 .....	10
1.2.2 液压油的选择 .....	14
1.2.3 液压油的污染与控制 .....	15
1.3 液体静力学 .....	16
1.3.1 静压力 .....	17
1.3.2 静压力传递原理 .....	17
1.4 液体动力学 .....	19
1.4.1 基本概念 .....	19
1.4.2 流体动力学基本方程 .....	22
1.5 液体流动压力损失 .....	25
1.5.1 沿程压力损失 .....	25
1.5.2 局部压力损失 .....	26
1.5.3 总压力损失 .....	26
1.6 液体流经小孔和缝隙的流量 .....	27
1.6.1 液体小孔流量 .....	27
1.6.2 液体缝隙流量 .....	28
1.7 液压冲击和气穴现象 .....	30
1.7.1 液压冲击 .....	30
1.7.2 气穴现象 .....	30
小结 .....	31
习题 .....	31
第2章 液压元件 .....	34

2.1 液压泵和液压马达 .....	37
2.1.1 液压泵和液压马达工作原理 .....	37
2.1.2 液压泵和液压马达基本性能参数 .....	38
2.1.3 齿轮泵 .....	44
2.1.4 叶片泵 .....	47
2.1.5 柱塞泵 .....	53
2.1.6 液压泵性能比较及选用 .....	56
2.1.7 液压泵及液压马达工作特点 .....	57
2.2 液压缸 .....	58
2.2.1 液压缸分类及特点 .....	58
2.2.2 液压缸结构形式及安装方式 .....	60
2.2.3 液压缸设计 .....	66
2.3 液压控制元件 .....	75
2.3.1 压力控制阀 .....	76
2.3.2 流量控制阀 .....	79
2.3.3 方向控制阀 .....	81
2.3.4 电液比例控制阀 .....	86
2.3.5 插装阀 .....	89
2.3.6 电液伺服阀 .....	92
2.4 液压辅助元件 .....	94
2.4.1 蓄能器 .....	94
2.4.2 过滤器 .....	96
2.4.3 油箱 .....	98
2.4.4 管道元件及密封 .....	99
小结 .....	101
习题 .....	101
<b>第3章 液压基本回路 .....</b>	<b>103</b>
3.1 压力控制回路 .....	105
3.1.1 调压回路 .....	105
3.1.2 减压回路 .....	106
3.1.3 增压回路 .....	107
3.1.4 卸荷回路 .....	108
3.1.5 保压回路 .....	110
3.1.6 平衡回路 .....	111
3.2 方向控制回路 .....	113
3.2.1 换向回路 .....	113
3.2.2 锁紧回路 .....	113


3.2.3	浮动回路	115
3.3	速度控制回路	116
3.3.1	节流调速回路	116
3.3.2	容积调速回路	124
3.3.3	容积节流调速回路	129
3.3.4	快速运动回路	132
3.3.5	速度换接回路	133
3.4	顺序动作回路	135
3.4.1	压力控制顺序动作回路	135
3.4.2	行程控制顺序动作回路	136
	小结	137
	习题	138
<b>第4章</b>	<b>工程机械液压系统的要求及性能指标</b>	140
4.1	工程机械液压系统的要求	142
4.2	工程机械液压系统基本形式	142
4.3	工程机械液压系统性能指标	148
	小结	150
	习题	150
<b>第5章</b>	<b>土石方工程机械液压系统</b>	151
5.1	铲土运输机械液压系统	153
5.1.1	装载机液压系统	153
5.1.2	推土机液压系统	159
5.1.3	铲运机液压系统	166
5.1.4	平地机液压系统	171
5.2	挖掘机液压系统	177
5.2.1	YW100型履带式挖掘机液压系统	178
5.2.2	EX400型全液压挖掘机液压系统	180
5.3	压路机液压系统	183
5.3.1	CA25型振动压路机液压系统	183
5.3.2	BW系列振动压路机液压系统	185
5.3.3	G系列和GD系列振动压路机液压系统	188
	小结	190
	习题	190
<b>第6章</b>	<b>路面施工机械液压系统</b>	191
6.1	沥青混合料摊铺机液压系统	193
6.1.1	沥青混合料摊铺机液压基本回路	193
6.1.2	LTU4型沥青混凝土摊铺机液压系统	196



6.1.3	TITAN411 型沥青混凝土摊铺机液压系统 .....	198
6.1.4	SA125 型履带式沥青混凝土摊铺机液压系统 .....	200
6.2	水泥混凝土摊铺机液压系统 .....	202
6.2.1	行走液压系统 .....	203
6.2.2	螺旋布料器布料液压系统 .....	204
6.2.3	振动棒振动液压系统 .....	205
6.2.4	捣实液压系统 .....	206
6.2.5	辅助液压系统 .....	207
6.3	稳定土拌和设备液压系统 .....	210
6.3.1	WBY210 型全液压稳定土拌和机液压系统 .....	211
6.3.2	MPH-100 型稳定土拌和机液压系统 .....	213
6.3.3	稳定土厂拌设备液压系统 .....	215
6.4	水泥混凝土搅拌运输车液压系统 .....	216
	小结 .....	217
	习题 .....	217
<b>第 7 章</b>	<b>起重机液压系统 .....</b>	<b>219</b>
7.1	汽车起重机械常用液压回路 .....	221
7.1.1	起升机构液压回路 .....	221
7.1.2	伸缩臂机构液压回路 .....	221
7.1.3	变幅机构液压回路 .....	222
7.1.4	回转机构液压回路 .....	223
7.1.5	支腿机构液压回路 .....	223
7.1.6	转向机构液压回路 .....	224
7.2	中小型汽车起重机液压系统 .....	225
7.2.1	Q2-8 型汽车起重机液压系统 .....	225
7.2.2	QY16 型汽车起重机液压系统 .....	227
7.3	大中型汽车起重机液压系统 .....	230
7.3.1	QY20B 型汽车起重机液压系统 .....	230
7.3.2	QY65 型汽车起重机液压系统 .....	232
7.4	履带式起重机液压系统 .....	236
7.4.1	CC2000 型履带式起重机液压系统 .....	236
7.4.2	KH100 型履带式多功能起重机液压系统 .....	241
	小结 .....	247
	习题 .....	247
<b>第 8 章</b>	<b>养护机械液压系统 .....</b>	<b>249</b>
8.1	乳化沥青稀浆封层摊铺机液压系统 .....	252
8.1.1	稀浆封层摊铺机液压回路 .....	253

8.1.2	典型稀浆封层摊铺机液压系统	258
8.2	路面铣刨机液压系统	261
8.2.1	路面铣刨机的类型	261
8.2.2	铣刨机的液压系统	262
8.3	粉料撒布机液压系统	266
8.3.1	粉料撒布机的用途和分类	266
8.3.2	整机结构和工作原理	266
8.3.3	各总成结构和工作原理	267
8.4	清扫车液压系统	269
	小结	271
	习题	271
<b>第9章</b>	<b>液压系统设计</b>	<b>272</b>
9.1	液压系统设计流程和工况分析	274
9.1.1	液压系统设计流程	274
9.1.2	主机工况分析	275
9.2	液压系统主要性能参数确定	276
9.2.1	液压系统工作压力	276
9.2.2	液压系统流量	278
9.3	液压系统原理图拟定	278
9.3.1	执行元件类型确定	279
9.3.2	系统形式确定	279
9.3.3	系统调速方案选择	279
9.3.4	系统控制方式选择	280
9.3.5	系统中典型阀处理	280
9.3.6	系统设计还应注意的问题	281
9.4	主要液压元件计算与选择	282
9.4.1	液压泵选择	282
9.4.2	液压马达选择	284
9.4.3	液压缸选择	284
9.4.4	液压控制元件选择	284
9.4.5	辅助元件选择	285
9.5	液压系统性能参数验算	286
9.5.1	系统压力损失验算	287
9.5.2	液压系统总效率估算	288
9.5.3	系统热平衡计算	288
9.6	技术文件绘编	291
9.7	液压系统设计示例	291

9.7.1	明确设计任务和要求	291
9.7.2	执行元件形式确定	292
9.7.3	执行元件负载和速度分析	292
9.7.4	液压系统主要参数确定	294
9.7.5	液压系统原理图初拟	297
9.7.6	液压元件选择和设计	298
9.7.7	液压系统性能参数验算	301
	小结	304
	习题	304
	参考文献	306



## 学习目的和要求

- (1) 掌握液压传动的工作原理及系统组成;
- (2) 了解液压油黏度的物理意义、表示方法以及液压油的选用;
- (3) 理解静止液体的力学性质和静力学基本方程;
- (4) 掌握流动液体的基本方程,即连续性方程、能量方程和动量方程;
- (5) 了解液体流动时的节流压力损失,即局部和沿程节流压力损失的分析 and 计算;
- (6) 掌握液体流经各类小孔及缝隙的流量计算方法;
- (7) 了解液压冲击、气穴现象及其危害。



## 学习指南

(1) 主要内容:液压传动的工作原理;液压工作介质的物理和化学性质及其选用原则;液体静力学、流体动力学理论知识;管路中液体流动时流动状态、压力损失;液体流经小孔和缝隙时的流量;气穴现象和液压冲击。

(2) 重点:熟练掌握与运用“系统压力取决于外负载”和“外负载的运动速度取决于流量”这两个重要特征;液体静力学和流体动力学的基础知识及避免气穴现象和液压冲击的有效方法。

(3) 难点:正确理解液压系统两个重要特征之间相互独立的特点;实际液体的伯努利方程、动量方程及压力损失的公式推导与计算。

(4) 关键术语:流体传动;液压系统;物理特性;黏度;压力;流量;连续性方程;动量方程;伯努利方程;沿程压力损失;局部压力损失;液压冲击;气穴现象。



## 本章要点

- (1) 系统压力取决于外负载,外负载的运动速度取决于流量。

The pressure of system is dependent on the external load, while the speed, at which the external load moves, is dependent on the flow which is fed to the actuator components.

(2) 流量连续性方程说明恒定流动中流过各截面的不可压缩流体的流量是不变的,因而流速和流通截面的面积呈反比。

The equation of continuity states that the flow rate is invariable when incompressible fluid flows through any across-section area. So the fluid velocity changes inversely to the flow across-



section area.

(3) 伯努利方程:在管内作稳定流动的理想流体具有压力能、势能和动能三种形式的能量,在任一截面上这三种能量可以相互转换,但其总和不变,即能量守恒。

Bernoulli's Equation: It states that ideal fluid flow in a tube includes three forms of energy: pressure energy, potential energy, and kinetic energy. These three forms of energy can be transferred each other, but the sam of them is constant, i.e., conservation of energy.

【导入案例】

液压千斤顶的使用

图 1-1 所示为广泛使用的液压千斤顶,它可以支撑起很重的物体。液压千斤顶是应用最早的液压系统,其结构示意图如图 1-2 所示。



图 1-1 液压千斤顶

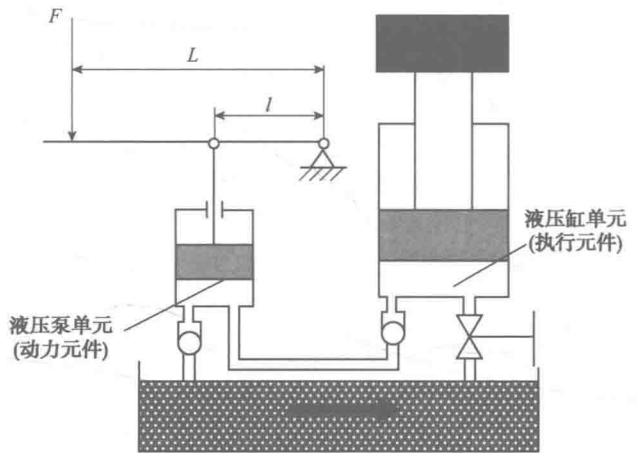


图 1-2 液压千斤顶结构示意图

千斤顶的工作原理如图 1-3 所示。通过液压千斤顶的杠杆手柄 9 带动小活塞上、下运动,将油箱中的液压油通过吸油管吸入小液压缸 1,然后通过油管 7 压入到大液压缸 6,并推动活塞举起重物 8。

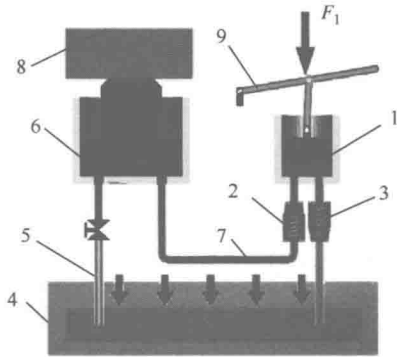


图 1-3 液压千斤顶工作原理图

1-小液压缸;2、3-单向阀;4-油箱;5-截止阀;6-大液压缸;7-油管;8-重物;9-杠杆手柄

通过液压千斤顶的杠杆手柄 9 带动小活塞上、下运动,将油箱中的液压油通过吸油管吸入小液压缸 1,然后通过油管 7 压入到大液压缸 6,并推动活塞举起重物 8。

千斤顶的小活塞、小液压缸 1 和两个单向阀 2、3 组成液压系统的液压泵单元,用于将低压油液转换为压力油液,而大活塞、大液压缸则相当于液压系统的液压缸单元,通过液压泵输出压力油液推动大活塞及重物运动。

由上述分析可知,千斤顶的液压传动过程是能量转换的过程,即靠液体的压力和流量来传递能量,即它将原动机的机械能转化为一定压力和流量的液压能,然后再将液压能转化为所需要的机械能,来满足驱动要求。

## 问题：

- (1) 试分析千斤顶的工作过程中单向阀的启闭状态和油液流动路径。
- (2) 如果千斤顶顶起的物体重量为  $W$ , 大、小缸体的面积分别为  $A_2$  和  $A_1$ , 试分析它们的压力  $p_2$  和  $p_1$  分别是多少? 需要施加在杠杆端部的力  $F$  是多少?
- (3) 如果小活塞向下的速度为  $v_1$ , 请分析重物向上移动的速度  $v_2$  是多少?

## 1.1 液压传动

(Hydraulic Transmission)

### 1.1.1 定义(Definition)

液压传动是以液体为工作介质,通过驱动装置将原动机的机械能转换为液压的压力能,通过管道、液压控制及调节系统等并借助执行装置,将液体的压力能转换为机械能,驱动负载实现直线或回转运动的传动方式。

液压系统由一些功能不同的液压元件组成,是在密闭的回路中依靠运动的液体进行能量传递,通过对液体的压力、流量等相关参数的调节和控制,来实现工作装置输出力或扭矩、速度或转速的一种传动系统。

### 1.1.2 工作原理(Operating Principle)

#### 1.1.2.1 液压传动模型(Model of Hydraulic Transmission)

在机械传动中,人们利用各种机械构件来传递力和运动,如杠杆、凸轮、轴、齿轮和皮带等。在液压传动中,则利用没有固定形状但具有确定体积的液体来传递力和运动。图 1-4 为简化的液压传动模型。图中有两个直径不同的液压缸 2 和 4,缸内各有一个与内壁紧密配合的活塞 1 和 5。假设活塞能在缸内作无摩擦力的自由滑动,且液体不会通过配合面产生泄漏。缸 2、4 下腔用管道 3 连通,其中充满液体。这些液体是密封在缸内壁、活塞和管道组成的容积中的。如果活塞 5 上有重力为  $W$  的重物,则当在活塞 1 上施加的力  $F$  达到一定大小时,就能阻止重物下降,这就是说可以利用密封容积中的液体传递力。当活塞 1 在力  $F$  作用下向下运动时,重物将随之上升,这说明密封容积中的液体不但可传递力,还可传递运动。所以,液体是一种传动介质,但必须强调指出,液体必须在封闭的容器中才能起到传动的作用。根据帕斯卡定律:加在密闭液体上的压强,能够大小不变地向液体的各个方向传递。

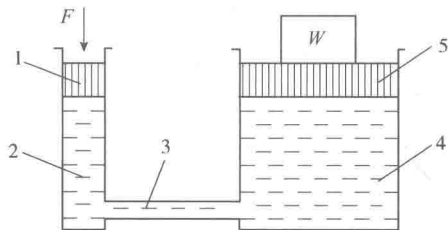


图 1-4 简化液压传动模型图

- 1-小活塞;2-小液压缸;3-管道;  
4-大液压缸;5-大活塞

#### 1.1.2.2 力比、速比及功率的关系(Relationship between Force Ratio, Speed Ratio and Power)

设图 1-4 中活塞 1、5 的面积分别为  $A_1$ 、 $A_2$ , 当作用在大活塞 5 的负载为  $W$ 、作用在小活塞 1 的作用力为  $F$  时,根据帕斯卡原理,即“在密闭容器内,施加于静止液体上的压力将同时



以等值传递到液体内各点”。设缸内压力为  $p$ , 运动摩擦力忽略不计, 则有:

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

或

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

式中:  $A_1, A_2$ ——小活塞和大活塞的作用面积 ( $\text{m}^2$ );

$F$ ——作用在小活塞上的力 (N);

$W$ ——作用在大活塞上的负载 (N)。

如果不考虑液体的可压缩性、泄漏损失和缸体、油管的变形, 设  $h_1$  为小活塞 1 的下降距离,  $h_2$  为大活塞 5 的上升距离, 则被小活塞压出的液体的体积必然等于大活塞向上升起后大缸扩大的体积, 即:

$$A_1 \cdot h_1 = A_2 \cdot h_2 \quad (1-3)$$

将式(1-3)两端同除以活塞移动的时间  $t$ , 得:

$$A_1 \frac{h_1}{t} = A_2 \frac{h_2}{t}$$

$A \frac{h}{t}$  的物理意义是单位时间内, 液体流过截面积为  $A$  的体积, 称为流量  $q$ , 即:

$$q = A \cdot v \quad \text{或} \quad v = \frac{q}{A} \quad (1-4)$$

因此, 得  $q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$ , 即:

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

式中:  $v_1, v_2$ ——小活塞和大活塞的运动速度。

使负载  $W$  上升所需的功率为:

$$P = W \cdot v_1 = p \cdot A_2 \cdot \frac{q}{A_2} = pq \quad (1-6)$$

式(1-6)中,  $p$  的单位为  $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ ;  $q$  的单位为  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $P$  的单位为  $\text{W}(\text{Nm}/\text{s})$ 。

由此可见, 压力  $p$  和流量  $q$  是液压传动中最基本、最重要的两个参数, 它们相当于机械传动中的力和速度, 它们的乘积即为功率, 可称为液压功率。

由于计算时功率  $P$  的常用单位为  $\text{kW}$ , 而压力  $p$  的常用单位为  $\text{MPa}$ , 流量  $q$  的常用单位为  $\text{L}/\text{min}$ , 所以还必须进行单位换算。经换算可得:

$$P(\text{kW}) = \frac{p(\text{MPa})q(\text{L}/\text{min})}{60} \quad (1-7)$$

从以上分析可知, 液压传动是以液体的压力能来传递动力的。

液体的压力是指液体在单位面积上所受的作用力, 确切地说应该是压力强度或称压强, 工程上习惯称为压力, 单位为  $\text{Pa}(\text{N}/\text{m}^2)$ 。

### 1.1.2.3 压力与负载的关系 (Relationship between Pressure and Load)

在如图 1-4 所示的液压传动模型中, 只有大活塞上有了负载  $W$ , 小活塞上才能施加上作

用力  $F$ , 而有了负载和作用力, 才产生液体压力  $p$ 。有了负载, 液体才会有压力, 并且压力大小取决于负载, 而与流入的流体多少无关。这是一个很重要的关系。这在后面分析液压系统中元件和系统的工作原理时经常要用到它。实际上, 液压传动中液体的压力相当于机械传动中机械构件的应力。机械构件的应力是取决于负载的。同样液体的压力也是取决于负载的。机械构件在传动时可以承受拉、压、弯、剪等各种应力, 而液压传动中液体只能承受压力, 这是二者的重要区别。

#### 1.1.2.4 速度与流量的关系 (Relationship between Speed and Flow)

同样在如图 1-4 所示的模型中, 调节进入缸体的流量  $q$ , 即可调节活塞的运动速度  $v$ , 这就是液压传动能实现无级调速的基本原理, 即活塞的运动速度或马达的转速取决于进入液压缸或马达的流量, 而与液体压力大小无关。

压力与负载的关系及速度与流量的关系将在本门课程的学习和应用中贯穿始终, 必须熟练掌握运用。

通过图 1-5 所示的工程机械上常见的一种举升机构 (如液压起重机的变幅机构、液压挖掘机动臂的升降机构等) 来简述液压系统的工作原理。当换向阀处于图 1-5a) 所示位置形态时, 原动机带动液压泵 8 从油箱 10 经单向阀 1 吸油, 并将有压力的油经单向阀 2 排至管路, 压力油沿管路经过节流阀 4 进入换向阀 5, 经过换向阀 5 阀芯左边的环槽, 经管路进入液压缸 7 的下腔。液压缸 7 的缸体铰接在机座上, 在压力油的推动下, 活塞向上运动, 通过活塞杆带动工作机构 6 产生举升运动。同时, 液压缸 7 上腔中的油液被排出, 经管路、换向阀 5 阀芯右边的环槽和管路流回油箱 10。

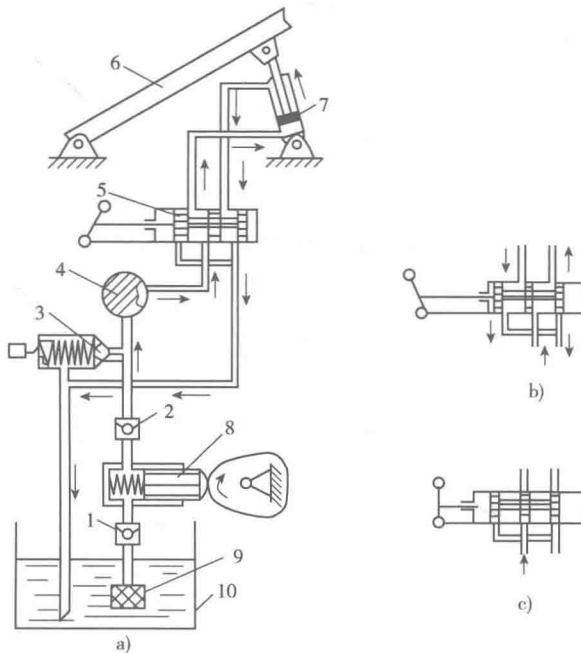


图 1-5 液压举升机构原理图

1、2-单向阀;3-溢流阀;4-节流阀;5-换向阀;6-工作机构;7-液压缸;8-液压泵;9-滤油器;10-油箱





如果扳动换向阀 5 的手柄使其阀芯移到左边位置,如图 1-5b) 所示,此时压力油经过阀芯右边的环槽,经管路进入液压缸 7 的上腔,使举升机构降落。同时,从液压缸 7 下腔排出的油液,经阀芯左边的环槽流回油箱。

从图中可以看出,液压泵输出的压力油流经单向阀 2 后分为两路:一路通向溢流阀 3,另一路通向节流阀 4。改变节流阀 4 的开口大小,就能改变通过节流阀的油液流量,以控制举升速度。而从定量液压泵输出的油液除进到液压缸外,其余部分通过溢流阀 3 返回油箱。

这里溢流阀 3 起着过载安全保护和配合节流阀改变进到液压缸的油液流量的双重作用。当溢流阀 3 中的钢球在弹簧力的作用下将阀口堵住时,压力油不能通过溢流阀 3;如果油液的压力增高到使作用在钢球上的液压作用力能够克服弹簧的作用力而将钢球顶开时,压力油就通过溢流阀 3 和管路直接流回油箱,油液的压力就不会继续升高。因此,只要调定溢流阀 3 中弹簧的压紧力大小,就可改变压力油顶开溢流阀钢球时压力的大小,这样也就控制了液压泵输出油液的最高压力,使系统具有过载安全保护作用。通过改变节流阀 4 的开口大小改变通过节流阀的油液流量,就可调节举升机构的运动速度,同时改变了通过溢流阀 3 的分油流量。

此系统中换向阀 5 用来控制运动的方向,使举升机构既能举升又能降落;节流阀 4 控制举升的速度;由溢流阀 3 来控制液压泵的输出压力。图中 9 为网式滤油器,液压泵从油箱吸入的油液先经过滤油器,以滤清油液,保护整个系统不受污染。

从上面这个简单的例子可以看出:

- (1) 液压传动以液体为工作介质传递动力;
- (2) 液压传动用液体的压力能传递动力,系统的工作压力取决于负载,运动速度取决于流量;
- (3) 液压传动中的工作介质在受控制和调节的状态下进行工作。

### 1.1.3 液压系统组成(Composition of Hydraulic System)

通过上述分析可知,一个完整的液压系统要能正常工作,一般要包括五个组成部分。

(1) 动力元件:即能源装置,液压系统一般以液压泵作为动力元件。其作用是将原动机输出的机械能转换成液体压力能,并向系统供给压力液体。

(2) 执行元件:包括液压缸、液压马达,前者实现往复运动,后者实现旋转运动,其作用是将液压能转化成机械能,输出给工作装置。

(3) 控制元件:包括压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀和行程阀等,其作用是控制和调节流体系统的压力、流量和液流方向以及充当信号转换、逻辑运算、放大等功能的信号控制元件,以保证执行元件能够得到所要求的力或扭矩、速度或转速和运动方向或旋转方向。

(4) 辅助元件:包括油箱、管路、管接头、滤油器、消声器、蓄能器以及各种仪表等。这些元件也是流体系统必不可少的。

(5) 工作介质:用以传递能量,同时还起散热和润滑作用。液压系统的工作介质为液压油。