



普通高等学校卓越工程师教育培养规划教材

液压传动技术

张 敏 郑军华 赵立娟 主编



科学出版社

014031892

TH137-43
86

普通高等学校卓越工程师教育培养规划教材

液压传动技术

张敏 郑军华 赵立娟 主编



科学出版社

北京



北航

C1720093

TH137-43
86

528130310

普通高等教育机械类相关专业本科教材

内 容 简 介

本书致力于与工程实践相结合, 收纳了液压启闭机液压系统、轮胎式运梁车液压系统, 并增加了液压系统的故障诊断等章节。全书共分 10 章, 第 1 章、第 2 章为液压传动的基础知识和基本理论, 第 3~6 章为液压元件的组成原理、作用和功能, 第 7 章为液压基本回路, 第 8 章为典型液压系统分析, 第 9 章为液压系统的设计计算, 第 10 章为液压系统的故障诊断。

本书可作为普通高校机械类相关专业本科生教材, 也可作为研究生和相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压传动技术/张敏, 郑军华, 赵立娟主编. —北京: 科学出版社, 2014. 3

普通高等学校卓越工程师教育培养规划教材

ISBN 978-7-03-039488-0

I. ①液… II. ①张… ②郑… ③赵… III. ①液压传动-高等学校-教材
IV. ①TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 314862 号

责任编辑: 毛 莹 张丽花/责任校对: 蒋 萍

责任印制: 闫 磊/封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014 年 3 月第一次印刷 印张: 15 1/2

字数: 406 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

本书是根据机械类专业“液压传动”课程教学大纲,并结合编者多年的教学经验,由河海大学机械工程专业教学团队组织编写的。本书主要包括液压流体力学、液压元件的基本结构及基本原理、液压辅助装置、液压基本回路、典型液压系统分析、液压系统的设计计算和液压系统的故障诊断等。

本书的编写注重与工程实际相结合,增加了诸如轮胎式运梁车、水工闸门液压启闭机等液压系统的典型回路,增加了液压系统的故障诊断等内容。加强了针对性和实用性,并尽量反映国内外最新成就和发展趋势。

全书共 10 章,由河海大学张敏、郑军华、赵立娟主编,江苏省广播电视大学武进分校陈慧、马莉,以及郑州大方重工科技有限公司许利君参编。张敏编写了第 1 章、第 7 章、第 9 章、第 10 章和第 8 章的部分内容并进行了统稿,赵立娟编写了第 2 章,郑军华编写了第 3 章、第 4 章,陈慧编写了第 5 章,马莉编写了第 6 章,许利君编写了第 8 章的部分内容。另外,本书得到了郑州大方重工科技有限公司、武进液压启闭机厂的大力支持,硕士研究生张家绮、宁烨、王洪坤、薛廷做了大量图形和文字编辑工作,在这里一并感谢。本书得到教育部“十二五”高等学校“专业综合改革试点”、教育部“国家级大学生校外实践教育基地”建设点、江苏省“十二五”高等学校重点专业类建设等项目的资助支持。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 11 月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 液压传动的工作原理	1
1.2 液压系统的组成	3
1.2.1 液压传动的组成部分	3
1.2.2 液压系统的图形符号	3
1.3 液压传动的优缺点	3
1.3.1 液压传动的主要优点	3
1.3.2 液压传动的主要缺点	4
1.4 液压传动技术的应用和发展	4
1.5 液压传动的工作介质	5
1.5.1 液压液的特性和分类	5
1.5.2 对液压液的要求	6
1.5.3 液压液的选择	7
第2章 液压流体力学基础	9
2.1 流体静力学	9
2.1.1 静压力及其性质	9
2.1.2 重力作用下静止流体中的压力分布	10
2.1.3 静压力表示方法及单位	11
2.1.4 帕斯卡原理	11
2.1.5 静压力对固体壁面的作用力	12
2.2 流体动力学	13
2.2.1 基本概念	13
2.2.2 连续方程	14
2.2.3 能量方程(伯努利方程)	15
2.2.4 动量方程	17
2.3 管道流动	17
2.3.1 流态与雷诺数	17
2.3.2 圆管层流	19
2.3.3 圆管紊流	19
2.3.4 压力损失	20
2.4 孔口流动和缝隙流动	21
2.4.1 孔口流动	21
2.4.2 缝隙流动	25
2.5 液压冲击与气穴现象	29

2.5.1	液压冲击	29
2.5.2	气穴现象	31
第3章	液压动力元件	33
3.1	概述	33
3.1.1	液压泵的功能	33
3.1.2	液压泵的工作原理及特点	33
3.1.3	液压泵的基本性能参数	34
3.1.4	液压泵的分类	36
3.2	齿轮泵	36
3.2.1	齿轮泵的工作原理	36
3.2.2	齿轮泵的流量	37
3.2.3	齿轮泵的结构及端面泄漏的补偿	38
3.2.4	困油现象	39
3.2.5	齿轮泵的径向力	40
3.3	叶片泵	41
3.3.1	单作用叶片泵	41
3.3.2	双作用叶片泵	42
3.3.3	限压式变量叶片泵	44
3.3.4	叶片泵的流量计算	47
3.3.5	叶片倾角	49
3.4	柱塞泵	50
3.4.1	轴向柱塞泵的工作原理	50
3.4.2	轴向柱塞泵的结构	50
3.4.3	流量计算	52
3.5	泵的选用	53
第4章	液压执行元件	54
4.1	液压缸的类型及结构	54
4.1.1	活塞缸	54
4.1.2	柱塞缸	57
4.1.3	摆动缸	58
4.1.4	其他液压缸	59
4.1.5	液压缸组件结构	60
4.2	液压马达	65
4.2.1	工作原理	65
4.2.2	主要参数	66
4.3	液压缸的设计计算	67
4.3.1	液压缸主要尺寸的确定	67
4.3.2	强度校核	69
4.3.3	稳定性校核	69
4.3.4	缓冲计算	70

4.3.5 液压缸设计中应注意的问题	70
第5章 液压控制元件	72
5.1 概述	72
5.1.1 能量控制的形式	72
5.1.2 液压阀的分类	72
5.1.3 液压阀的基本参数和特点	73
5.1.4 对液压阀的基本要求	74
5.2 方向控制阀	74
5.2.1 单向阀	74
5.2.2 换向阀	76
5.3 压力控制阀	83
5.3.1 溢流阀	84
5.3.2 减压阀	88
5.3.3 顺序阀	91
5.3.4 压力继电器	92
5.4 流量控制阀	93
5.4.1 节流阀	93
5.4.2 调速阀	96
5.5 多路换向阀	97
5.6 插装阀和叠加阀	99
5.6.1 插装阀	99
5.6.2 叠加阀	102
5.6.3 叠加阀应用回路	102
5.7 电液比例控制阀和电液伺服控制阀	104
5.7.1 比例阀	104
5.7.2 伺服阀	109
5.8 电液数字阀	118
5.8.1 数字阀的结构	118
5.8.2 数字阀的使用	119
第6章 液压辅助装置	121
6.1 蓄能器	121
6.1.1 蓄能器的用途	121
6.1.2 蓄能器的种类	121
6.1.3 蓄能器容量的计算	124
6.2 过滤器	125
6.2.1 对过滤器的要求	125
6.2.2 过滤器的类型	125
6.2.3 过滤器的选用与安装	126
6.3 油箱	127
6.3.1 油箱的结构及设计	128

6.3.2	油箱的容量	129
6.4	管件	130
6.4.1	管路	130
6.4.2	管接头	131
6.5	热交换器	134
6.5.1	冷却器	134
6.5.2	加热器	135
第7章	液压基本回路	136
7.1	压力控制回路	136
7.1.1	调压回路	136
7.1.2	减压回路	137
7.1.3	增压回路	137
7.1.4	卸荷回路	138
7.1.5	平衡回路	139
7.1.6	保压回路	140
7.1.7	卸压回路	141
7.2	速度控制回路	143
7.2.1	节流调速回路	143
7.2.2	容积调速回路	149
7.2.3	容积节流调速回路	150
7.2.4	调速回路的比较和选用	153
7.2.5	快速运动和速度换接回路	154
7.3	方向控制回路	158
7.3.1	换向回路	158
7.3.2	锁紧回路	158
7.4	多缸动作回路	158
7.4.1	顺序动作回路	158
7.4.2	同步回路	160
7.4.3	多缸防干扰回路	161
7.4.4	多缸卸荷回路	162
第8章	典型液压系统分析	163
8.1	组合机床动力滑台液压系统	163
8.1.1	工况特点及对液压系统的要求	163
8.1.2	典型系统	164
8.2	液压机液压系统	166
8.2.1	工况特点及对液压系统的要求	167
8.2.2	液压系统的分析	169
8.2.3	典型系统	169
8.3	汽车起重机液压系统	176
8.4	液压启闭机液压系统	179

8.4.1	启闭机特点	179
8.4.2	典型液压系统	179
8.5	轮胎式运梁车液压系统	185
8.5.1	液压系统原理框图及概述	186
8.5.2	驱动系统	186
8.5.3	转向、液压悬挂升降系统	188
8.5.4	辅助支撑系统	193
8.6	升降舞台比例阀液压系统	193
第9章	液压系统的设计计算	196
9.1	液压传动系统的设计	196
9.1.1	明确设计依据,进行工况分析	196
9.1.2	初步确定液压系统参数	196
9.1.3	拟订液压系统图	196
9.1.4	计算、选择或设计液压元件	197
9.1.5	液压系统的性能验算、绘制工作图和编写技术文件	197
9.2	液压传动系统设计与计算举例	197
9.2.1	计算外负载	198
9.2.2	绘制负载图和速度图	200
9.2.3	确定液压系统参数	201
9.2.4	拟订液压系统原理图	204
9.2.5	选择液压元件	207
9.2.6	管路系统压力损失的验算	211
9.2.7	液压系统的发热与温升验算	213
9.3	液压装置的结构设计	214
9.3.1	液压装置结构形式的选择	214
9.3.2	液压元件的配置形式	214
9.3.3	管路连接方式	215
9.3.4	液压装置结构设计及使用中的注意事项	216
第10章	液压系统的故障诊断	218
10.1	液压故障诊断的常用方法	218
10.2	系统的压力不足或无压力	219
10.2.1	产生压力不足的原因	219
10.2.2	排除压力不足的方法	220
10.3	系统流量不足	220
10.3.1	流量不足的影响	220
10.3.2	产生流量不足的原因	220
10.3.3	排除流量不足的方法	221
10.4	爬行	221
10.4.1	概述	221
10.4.2	产生爬行的原因	221

10.4.3	消除爬行的方法	223
10.5	振动与噪声	223
10.5.1	共振、振动与噪声的危害	223
10.5.2	产生共振、振动和噪声的原因	224
10.5.3	减少振动和噪声的措施	225
10.6	液压系统温度升高	225
10.6.1	温升的不良影响	225
10.6.2	造成温升的原因	226
10.6.3	防止油温升高的措施	227
附录	常用液压气动元件图形符号	230
参考文献		238

第1章 绪 论

导读

一部完备的机器都是由原动机、传动装置和工作机三部分组成的。原动机（电动机或内燃机）是机器的动力源；工作机是机器直接对外做功的部分；传动装置则是设置在原动机和工作机之间的部分，用于实现动力（或能量）的传递、转换与控制，以满足工作机对力（或转矩）、工作速度（或转速）及位置的要求。

按照传动件（或工作介质）的不同，传动分为机械传动、电气传动、流体传动（液体传动和气压传动）及复合传动等类型。液体传动又包括液力传动和液压传动。液力传动是以动能进行工作的液体传动；液压传动则是以液体作为工作介质，并以压力能进行动力（或能量）的传递、转换与控制的液体传动，它是本书主要介绍的内容。

1.1 液压传动的工作原理

液压传动的工作原理，可以用液压千斤顶的工作原理图和机床工作台液压系统的工作原理图来说明。

图 1-1 所示为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 1 使小活塞 3 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 1，小活塞 3 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 输入大油缸 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。这就是液压千斤顶的工作原理。

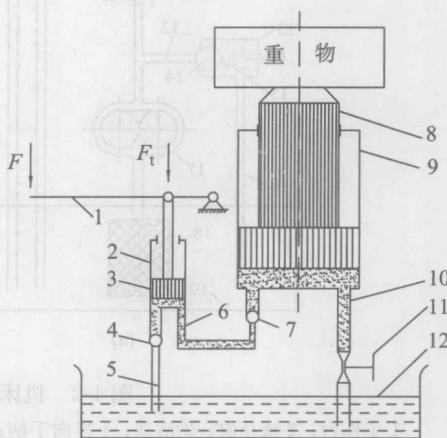


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 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

通过对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传递动力的工作介质。压下杠杆 1 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 中油容积的多少。由此可见，液压传动是一个不同能量的转换过程。

下面分析一种驱动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、接头等组成。其工作原理如下：液压泵 17 由电动机驱动后，从油箱 19 中吸油。油液经滤油器 18 进入液压泵，油液在泵腔中从入口低压到泵出口高压，在图 1-2 (a) 所示状态下，通过开停阀 10、节流阀 7、换向阀 5 进入液压缸 2 左腔，推动活塞 3 使工作台向右移动。这时，液压缸 2 右腔的油经换向阀 5 和回油管 6 排回油箱 19。

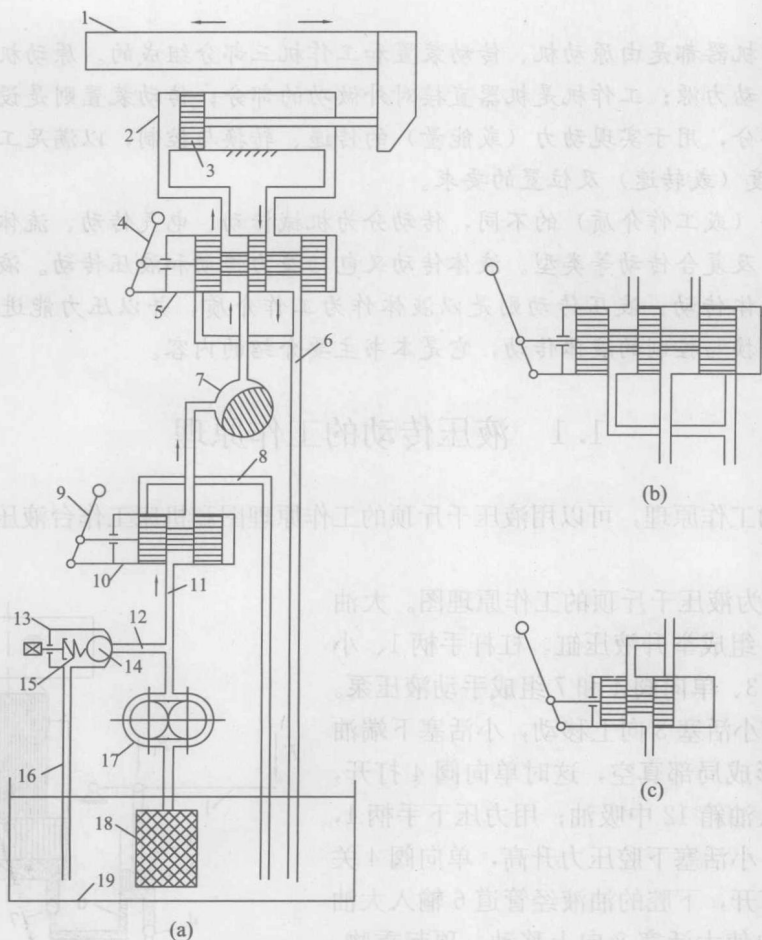


图 1-2 机床工作台液压系统工作原理图

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

如果将换向阀 5 手柄转换成图 1-2 (b) 所示状态，则压力管中的油将经过开停阀 10、节流阀 7 和换向阀 5 进入液压缸 2 右腔、推动活塞 3 使工作台向左移动，并使液压缸 2 左腔的油经换向阀 5 和回油管 6 排回油箱 19。

工作台的移动速度是通过节流阀 7 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所产生的。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——压力取决于负载。

1.2 液压系统的组成

1.2.1 液压传动的组成部分

液压传动装置主要由以下四部分组成：

(1) 能源装置——把机械能转换成油液液压能的装置。最常见的形式就是液压泵，它给液压系统提供压力油。

(2) 执行装置——把油液的液压能转换成机械能的装置。它可以是作直线运动的液压缸，也可以是作旋转运动的液压马达。

(3) 控制调节装置——对系统中的油液压力、流量或流动方向进行控制或调节的装置。例如，溢流阀、节流阀、换向阀、开停阀等。这些元件的不同组合形成了不同功能的液压系统。

(4) 辅助装置——上述三部分以外的其他装置，如油箱、过滤器、油管等。它们对保证系统正常工作也起重要作用。

1.2.2 液压系统的图形符号

图 1-2 所示的液压系统图是一种半结构式的工作原理图，直观性强，容易理解，但绘制起来比较麻烦，系统中元件数量多时更是如此。图 1-3 所示为同一液压系统用液压图形符号绘制成的工作原理图。使用这些图形符号可以使液压系统图简单明了，便于绘制。

我国制定的液压图形符号标准为 GB/T 786.1—2009。

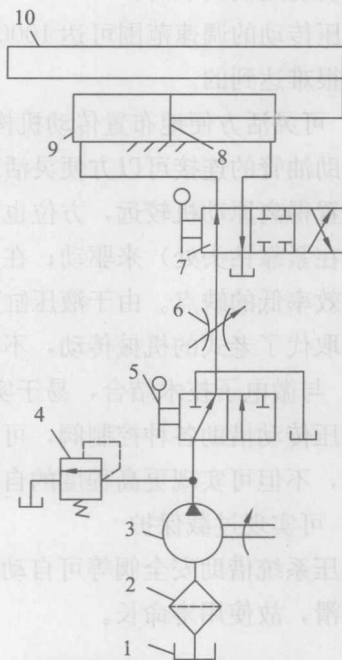


图 1-3 机床工作台液压系统的图形符号图

1-油箱；2-过滤器；3-液压泵；4-溢流阀；
5-开停阀；6-节流阀；7-换向阀；8-活塞；
9-液压缸；10-工作台

1.3 液压传动的优缺点

1.3.1 液压传动的主要优点

1) 体积小，重量轻，能容量大

液压传动与电传动和气压传动相比，有重量轻、体积小的突出特点。如液压泵和液压马达单位功率的重量指标，目前是发电机和电动机的 1/10，液压泵和液压马达可小至 0.0025N/W (牛/瓦)，发电机和电动机则约为 0.03N/W。而用于直线往复运动的电动加力缸，由于有传动机构，单位功率的重量比 (0.35N/W) 是液压缸 (0.004N/W) 的 87 倍。电动机受到磁饱和的限制，单位面积上的切向力不到 1MPa，而液压力可达 35MPa，所以液

压泵（或马达）的能容大。

2) 可方便地实现无级调速，调速范围大

借助阀或变量泵、变量马达，可以实现无级调速，这是一般机械传动（小功率的摩擦传动例外）无法实现的。如磨床工作台的往复运动，高速轧钢机轧辊间隙的调整，都是采用液压传动实现无级调节的。

液压传动的调速范围可达 $1000:1$ ；柱塞式液压马达的最低稳定转速可为 1r/min ，这是电传动很难达到的。

3) 可灵活方便地布置传动机构

借助油管的连接可以方便灵活地布置传动机构，这是比机械传动优越的地方，执行元件可以布置得离原动机较远，方位也不受限制。例如，比较深的地质钻机的钻头，已有用螺杆马达（在紧靠钻头处）来驱动；在井下抽取石油的泵也有采用液压传动来驱动，用以克服长驱动轴效率低的缺点。由于液压缸的推力很大，又极易布置，在挖掘机等重型工程机械上，已基本取代了老式的机械传动，不仅操纵方便，而且外形美观大方。

4) 与微电子技术结合，易于实现自动控制

液压传动借助各种控制阀，可实现机器运行的自动化，特别采用微电子技术电液联合控制以后，不但可实现更高层次的自动控制过程，而且可以实现远距离遥控。

5) 可实现过载保护

液压系统借助安全阀等可自动实现过载保护，同时以油作为介质时，相对运动表面间可自行润滑，故使用寿命长。

1.3.2 液压传动的主要缺点

1) 传动效率低，且有泄漏

由于液体流动的阻力损失和泄漏损失，因此液压传动的效率较低，一般为 $75\%\sim 85\%$ ，如果处理不当，泄漏不仅污染场地，而且当附近有火种存在时，还可能引起火灾事故。

2) 工作时受温度变化的影响大

温度变化引起液体黏性变化，随之泄漏发生变化。

3) 噪声较大

对于噪声近年来正在研究克服中，某些泵的噪声值已下降到 70dB 以下。

4) 对污染敏感

污染的液压油会使液压元件磨损和堵塞，性能变坏，寿命缩短，甚至损坏。

5) 价格较贵

液压元件制造精度要求较高，因而价格较贵；使用和维护要求有较高的技术水平和一定的专业知识。

1.4 液压传动技术的应用和发展

液压传动开始应用于 18 世纪末，自从 1795 年英国制成第一台水压机算起已有 200 多年历史，然而在工业上被广泛采用和有较大幅度发展却是近六七十年来的事情。因此液压传动与

机械传动相比还是比较年轻的技术。随着生产力的提高,于20世纪30年代前后一些国家生产了液压元件,并开始在机床上应用。在第二次世界大战期间,战争迫切需要反应迅速、动作准确、输出功率大的液压传动装置及控制装置用于装备各种飞机、坦克、大炮和军舰。因此液压技术开始广泛应用于这些方面,出现了电液伺服系统。此外在与战争紧密相关的行业里,液压技术也得到了迅速的应用和发展。从战后到50年代,液压技术很快转入民用工业,在机床、工程机械、农业机械、汽车、船舶等行业都获得了较大幅度的发展,在某些领域内甚至占有压倒性的优势,例如,国外生产的95%的工程机械、90%的数控加工中心、95%以上的自动线都采用了液压传动。因此采用液压传动的程度现在已经成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

当前,液压技术在实现高压、高速、高度集成、大流量、大功率、高效率、长寿命、低噪声、经久耐用、微型化、智能化等各项要求方面都取得了重大的发展,在完善比例控制、伺服控制、数字控制等技术上也有许多新成就。此外,在液压元件和液压系统的计算机辅助设计、计算机仿真和优化以及计算机控制等开发性研究方面,更日益显示出显著的成绩。

我国的液压工业开始于20世纪50年代,其产品最初只用于机床和液压设备,后来才用到拖拉机和工程机械上。自1964年从国外引进一些液压元件生产技术,同时进行自行设计液压产品以来,我国的液压件生产已从低压到高压形成系列,并在各种机械设备上得到了广泛的使用。20世纪80年代起更加速了对国外先进液压产品和技术计划引进、消化、吸收和国产化工作,以确保我国的液压技术能在产品质量、经济效益、人才培养、研究开发等各个方面全方位地赶上世界水平。

今天,为了和最新技术的发展保持同步,液压技术必须不断创新,不断提高和改进元件和系统的性能,以满足日益变化的市场需求。液压技术的持续发展体现在下面几个重要特征上:

- (1) 提高元件性能,创新新型元件,不断小型化和微型化。
- (2) 高度的组合化、集成化和模块化。
- (3) 和微电子技术相结合,走向智能化。
- (4) 研究和开发特殊传动介质,推进工作介质多元化。

1.5 液压传动的工作介质

1.5.1 液压液的特性和分类

液压系统中使用的液压液按国际标准 ISO 6743—4:1999 的分类(我国国家标准 GB/T 7631.2—2003 与此等效)见表 1-1。目前 90% 以上的液压设备采用石油基液压液。基油为精制的石油润滑油馏分。为了改善液压液的性能,以满足液压设备的不同要求,往往在基油中加入各种添加剂。添加剂有两类:一类是改善油液化学性能的,如抗氧化剂、防腐剂、防锈剂等;另一类是改善油液物理性能的,如增黏剂、抗磨剂、防爬剂等。

表 1-1 液压液的分类

组别 符号	应用 范围	特殊 应用	更具体 应用	组成和特性	产品符号 ISO-L	典型应用	备 注
H	液压系统	流体静压系统		无抑制剂的精制矿油	HH		
				精制矿油, 并改善其防锈和抗氧性	HL		
				HL 油, 并改善其抗磨性	HM	有高负荷部件的一般液压系统	
				HL 油, 并改善其黏温性	HR		
				HM 油, 并改善其黏温性	HV	建筑和船舶设备	
				无特定难燃性的合成液	HS		特殊性能
			用于要求使用环境可接受液压液的情况	甘油三酸酯	HETG	一般液压系统 (可移动式)	每个品种的基础液的最小含量应不少于 70% (质量分数)
				聚乙二醇	HEPG		
				合成酯	HEES		
				聚 α 烯烃和相关烃类产品	HEPR		
			液压导轨系统	HM 油, 并具有抗黏滑性	HG	液压和滑动轴承导轨润滑系统合用的机床在低速下使振动或间断滑动(黏-滑)减为最小	这种液体具有多种用途, 但并非在所有液压应用中皆有效
			用于使用难燃液压液的情况	水包油型乳化液	HFAE		通常含水量大于 80% (质量分数)
				化学水溶液	HFAS		通常含水量大于 80% (质量分数)
				油包水乳化液	HFB		
				含聚合物水溶液 ^①	HFC		通常含水量大于 35% (质量分数)
				磷酸酯无水合成液 ^①	HFDR		
				其他成分的无水合成液 ^①	HFDU		

①这类液体也可以满足 HE 品种规定的生物降解性和毒性要求。

为了军事目的, 近年来在某些舰船液压系统中, 也有以海水或淡水作为液压液的, 而且正在逐渐向水下作业、河道工程、海洋开发、核能动力、冶金热轧、食品药品等领域延伸, 并显示出极为突出的优越性。

1.5.2 对液压液的要求

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

$$\nu = 11.5 \times 10^{-6} \sim 35.3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} (2 \sim 5^\circ \text{E}_{50})$$

(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, 可加入添加剂增加其润滑性能。

(3) 稳定性要好。即对热、氧化、水解和剪切都有良好的稳定性,使用寿命长。

油液抵抗其受热时发生化学变化的能力称为热稳定性。热稳定性差的油液在温度升高时容易使油的分子裂化或聚合,产生脂状沥青、焦油等物质。由于这种化学反应是随温度升高而加快的,所以一般液压油的工作温度限制在 65°C 以下。

油液与空气中的氧或其他含氧物质发生反应后生成酸性化合物,能腐蚀金属,这种化学反应的速度越慢,其氧化稳定性就越好。

油液遇水发生分解变质的程度称为水解稳定性,水解变质后的油液黏度降低,腐蚀性增加。

油液在很大的压力下流过很小的缝隙或孔时,由于机械剪切作用使油的化学结构发生变化,黏度减小。要求油液具有抗剪切稳定性,不致受机械剪切作用而使黏度显著变化。

(4) 消泡性好。油液中的泡沫一旦进入液压系统,就会造成振动、噪声以及增大油的压缩性等,因此需要液压油具有能够迅速而充分地放出气体而不致形成泡沫的性质,即消泡性。为了改善油的消泡性,可在油中加入消泡添加剂。

(5) 凝固点低,流动性好。为了保证能够在寒冷气候情况下正常工作,需要液压油的凝固点低于工作环境的最低温度,保证低温流动性,能够正常工作。

(6) 闪点高。对于高温或有明火的工作场合,为满足防火、安全的要求,需要油的闪点要高。

(7) 质地纯净,杂质含量少。

(8) 对人体无害,成本低。

1.5.3 液压液的选择

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。选择液压液时考虑的因素见表1-2。

选择液压油时,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。

表 1-2 选择液压液时考虑的因素

考虑方面	内 容
系统工作环境	要否阻燃(闪点、燃点) 抑制噪声的能力(空气溶解度、消泡性) 废液再生处理及环保要求
系统工作条件	压力范围(润滑性、承载能力) 温度范围(黏度、黏—温特性、剪切损失、热稳定性、挥发度、低温流动性) 转速(气蚀、对支承面浸润能力)