



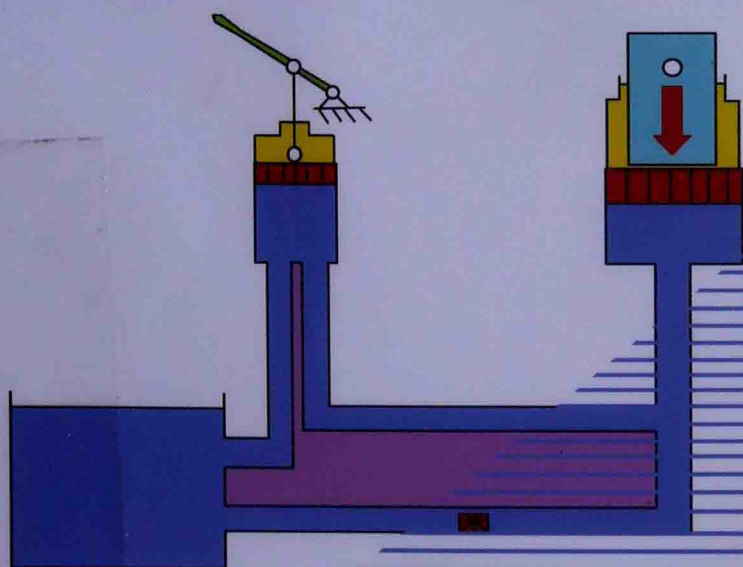
普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12.5" GUIHUA JIAOCAI

液压与气压传动

YE YA YU QI YA CHUAN DONG

主编◎陶安东



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

液压与气压传动

主 编 陶安东

副主编 王嘉伟 王文巧 李 雪

北 京

冶金工业出版社

2014

内 容 简 介

本书主要介绍了液压行业常用的各种液压原件的结构原理及应用范围,如动力原件、执行原件和控制原件等,包括液压泵、液压缸、液压马达、液压阀液压辅助装置、液压伺服控制原件,并简单介绍了电液比例控制技术。同时介绍了基本的液压回路知识,并通过几个典型液压系统,介绍液压技术在各个行业中的应用,熟悉各种液压元件在系统中的作用和各种基本回路的构成,进而使读者掌握分析液压系统的步骤和方法。

本书可作为大学本科、高职高专和高级技校等院校机械和机电一体化类专业以及相近专业的教材,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/陶安东主编. —北京:冶金工业出版社,2014.3

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6565-0

I. ①液… II. ①陶… III. ①液压传动—高等学校—教材②气压传动—高等学校—教材 IV. ①TH137
②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 038830 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

ISBN 978-7-5024-6565-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京明兴印务有限公司印刷

2014 年 3 月第 1 版,2014 年 3 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.5 印张; 399 千字; 256 页

33.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

传动是指机械之间的动力传递,也可以说将机械动力通过中间媒介传递给终端设备,这种传动方式包括链条传动、摩擦传动、液压传动、气压传动、齿轮传动以及皮带式传动等。液压与气压技术是现代机械工程的基本技术构成和现代控制工程的基本技术要素,其应用几乎遍及国民经济的各个领域,如现代农业、制造业、能源工程、化学与生化工程、交通运输与物流工程、采矿与冶金工程、油气探测与加工、水利与环保工程、航天与海洋技术、船舶与舰艇、科学实验装置、军事装备、国防工程等。应用液压与气压技术的程度早已是衡量一个国家工业化水平高低的重要标志之一。因而,正确合理地了解并掌握液压与气压传动的原理及设计,对于当代工程从业人员具有重要的实际意义。

本书论述了液压与气压原件、辅件和系统回路的有关基本理论利基础知识,以及基本的设计原理、步骤和方法。内容包括基本概念、理论知识、结构特点、设计方法等,同时也注意反映该学科在国内外的最新研究成果及发展趋势。

本书的重点讲述液压元件及传动技术,同时也涉及与先进比例技术有关的控制技术。书中编入思考题和习题,以便学生复习巩固所学的基础知识,提高分析问题和解决问题的能力。

本书由中国地质大学(武汉)机电学院机械工程教学实验中心的陶安东主编,中国地质大学(武汉)机电学院液压与气压技术研究工作室的王嘉伟、王文巧和武汉职业技术学院电子信息工程学院李雪为副主编。本书编写分工如下:陶安东编写第一章~第四章、第七章、第九章;王嘉伟编写第五章、第六章和第八章;王文巧编写第十一章和第十二章;李雪编写第十章和第十三章。全书由陶安东统稿。

在此,感谢中国地质大学机电学院的江进国教授在本书编写过程中提供的宝贵技术解答和意见。

由于编者水平有限,书中若有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者
2013 年 11 月



目 录

1 概论	(1)
1.1 液压传动与气压传动的定义	(1)
1.2 液压传动的工作原理及组成部分	(1)
1.3 液压系统的类型	(5)
1.4 液压传动与气压传动的优缺点	(6)
1.5 液压与气压传动的应用及发展概况	(7)
1.6 液压技术的发展概况	(8)
2 液压传动的基本知识和常用概念	(11)
2.1 液压油的物理性质	(11)
2.2 液体力学基本知识	(17)
2.3 液体动力学	(20)
2.4 管道中波流的特性	(26)
2.5 孔口及缝隙的压力流量特性	(30)
2.6 液压冲击和气穴现象	(35)
3 液压动力元件	(39)
3.1 液压泵概述	(39)
3.2 齿轮泵	(43)
3.3 螺杆泵	(45)
3.4 叶片泵	(46)
3.5 柱塞泵	(55)
3.6 液压泵的选用	(62)
4 液压缸	(65)
4.1 液压缸的工作原理	(65)
4.2 液压缸的类型	(65)
4.3 液压缸的典型结构	(73)
4.4 液压缸的设计	(79)



5 液压马达	(83)
5.1 液压马达概述	(83)
5.2 液压马达的性能参数	(84)
5.3 液压马达的工作原理	(88)
5.4 液压马达的选用	(92)
5.5 液压马达的图形符号	(92)
6 液压控制元件	(94)
6.1 液压控制阀概述	(94)
6.2 方向控制阀	(95)
6.3 压力控制阀	(102)
6.4 流量控制阀	(110)
6.5 叠加式液压阀	(116)
6.6 插装阀	(117)
6.7 本章小结	(139)
7 液压辅助元件	(142)
7.1 过滤器	(142)
7.2 蓄能器	(146)
7.3 油箱	(150)
7.4 热交换器	(152)
7.5 管件	(154)
7.6 密封装置	(159)
8 液压基本回路	(165)
8.1 压力控制回路	(165)
8.2 速度控制回路	(175)
8.3 方向控制回路	(193)
8.4 多执行元件控制回路	(197)
9 典型液压系统	(208)
9.1 液压系统的分类和分析方法	(208)
9.2 组合机床动力滑台液压系统	(210)
9.3 塑料注射成型机液压系统	(212)
9.4 YB32-200 型压力机液压系统	(217)
9.5 Q2-8 型汽车起重机液压系统	(220)



10 气压传动概述	(224)
10.1 气压传动系统的工作原理和组成	(224)
10.2 气压传动的优缺点	(225)
10.3 气压传动技术的发展和应 用	(225)
11 气动执行元件	(228)
11.1 气缸	(228)
11.2 气动马达	(232)
12 气源装置和辅助源件	(234)
12.1 气源装置	(234)
12.2 压缩空气净化、储存装置	(236)
12.3 辅助元件	(240)
12.4 气动系统的管道设计	(242)
13 基本回路和常用回路	(245)
13.1 基本回路	(245)
13.2 常用回路	(252)



1 概 论

1.1 液压传动与气压传动的定义

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。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。液力传动是以液体为工作介质,利用液体动能来传递能量的流体传动;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。

1.2 液压传动的工作原理及组成部分

本节首先以液压千斤顶为例,说明液压传动的工作原理及其两个主要特征,然后介绍液压系统的组成部分及液压系统的图形符号。

1.2.1 工作原理

如图 1-1 所示,液压缸 1 与单向阀 3、4 一起构成手动液压泵,用以完成吸油与排油。当向上抬起杠杆时,手动液压泵的活塞 2 向上运动,活塞 2 的下部容腔 a 的容积增大形成局部真空,致使排油单向阀 3 关闭,油箱 8 中的油液在大气压作用下经油管 5 顶开吸油单向阀 4,进入 a 腔。当活塞 2 在力 F_1 作用下向下运动时 a 腔的容积减小,油液因受挤压,故压力升高。于是,被挤出的液体将使吸油单向阀 4 关闭, F_1 而使排油单向阀 3 被顶开,经油管 6 进入液压缸 10 的 b 腔,推动活塞 11,使其上移顶起重物(重力为 F_2)。手摇泵的活塞 2 不断上下做往复运动,重物逐渐被提高。重物上升到所需高度后,停止活塞 2 的运动,则液压缸 10 的 b 腔内的油液压力将使排油单向阀 3 关闭, b 腔内的液体被封死,活塞 11 连同重物一起被闭锁不动。此时,截止阀 9 关闭。如打开截止阀 9,则液压缸 10 的 b 腔内液体便经油管 7 流回油箱 8,于是活塞 11 将在自重作用下下移回复到原始位置。

1.2.2 工作特点

由上述液压千斤顶的工作原理可知,由液压缸 1 与单向阀 3、4 一起构成的手动液压泵

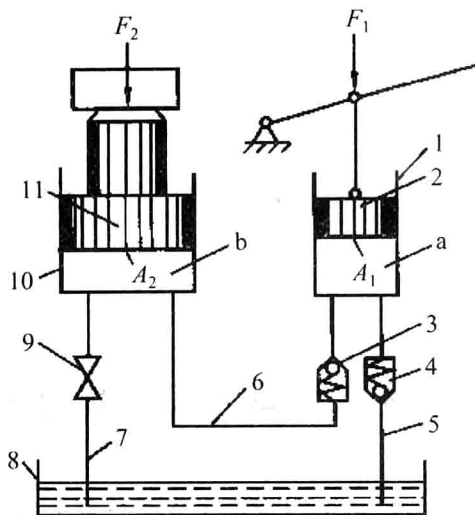


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

1,10—液压缸;2,11—活塞;3—排油单向阀;

4—吸油单向阀;5~7—油管;8—油箱;9—截止阀

将杠杆的机械能转换为油液的压力能输出,从而完成吸油与排油,液压缸 10 将油液的压力能转换为机械能输出,以举起重物。手动液压泵和举升重物的液压缸(简称举升液压缸)组成了最简单的液压传动系统,实现了动力(力和运动)的传递与转换。其工作特点如下:

(1)力的传递靠液体压力实现、系统工作压力取决于负载。现以表示作用在活塞 11 上的负载力, A_2 表示活塞 11 的面积, P_2 表示力 F_2 在 b 腔中产生的液体压力;以 F_1 表示作用在活塞 2 上的输入力, A_1 表示活塞 2 的面积, P_1 表示力 F_1 在 a 腔中产生的液体压力(液压泵的排油压力),则活塞 11 与 2 的静力平衡方程可分别表示为

$$F_2 = P_2 A_2 \quad (1-1)$$

$$F_1 = P_1 A_1$$

如果不考虑管路的压力损失,则液压泵的排油压力(即油腔 a 内的液体压力) P_1 与油腔 b 内的液体压力 P_2 相等,即

$$P_2 = P_1 = P \quad (1-2)$$

于是,系统的输出力(即所能克服的负载)为

$$F_2 = P_2 A_2 = P_1 A_2 = P A_2 \quad (1-3)$$

由式(1-2)可引出液压传动的第一个工作特征:在系统结构参数(此处为活塞面积 A_1 和 A_2 一定的情况下,液压泵的排油压力即系统工作压力 P_1 决定于举升液压缸的压力 P_2 ,从而决定于负载 F_2 。负载越大,压力越大。

(2)运动速度的传递靠容积变化相等的原则实现,运动速度取决于流量。如果不考虑液体的压缩性和泄漏损失等因素,则液压泵排出的液体体积必然等于进入提升液压缸的液体体积,即容积变化相等,可表示为

$$x_1 A_1 = x_2 A_2 \quad (1-4)$$

式中 x_1 ——液压泵活塞位移;

x_2 ——提升液压缸活塞位移。

式(1-4)两边同时除以运动时间后得

$$q_1 = A_1 v_1 = A_2 v_2 = q_2 \quad (1-5)$$

式中 v_1 、 v_2 ——液压缸活塞和提升液压阀活塞的平均运动速度；

q_1 、 q_2 ——液压泵输出的平均流量和液压阀输入的平均流量。

式(1-5)即为运动速度传递的基本方程式。由此可引出液压传动的第二个工作特征：在系统结构参数一定的情况下，运动速度的传递是靠密闭工作容积变化相等的原则实现的。活塞的运动速度取决于输入流量的大小，而与外负载无关。调节进入液压缸的流量 q_2 。即可调节活塞的运动速度 v_2 。

综上所述可看出两点：

(1) 与外负载相对应的液体参数是液体压力，与运动速度相对应的液体参数是液体流量。因此，压力和流量是液压传动中两个最基本的参数；

(2) 如果忽略各种损失，液压传动传递的力与速度彼此无关，所以液压传动既可实现与负载无关的任何运动规律，也可借助各种控制机构实现与负载有关的各种运动规律。

1.2.3 液压传动装置的组成部分

工程实际应用中的液压传动装置，在液压泵、液压缸的基础上尚需设置控制液压缸运动方向、速度和最大推力的装置，图 1-2 所示的驱动机床工作台的液压系统为例，介绍液压传动的各个组成部分。

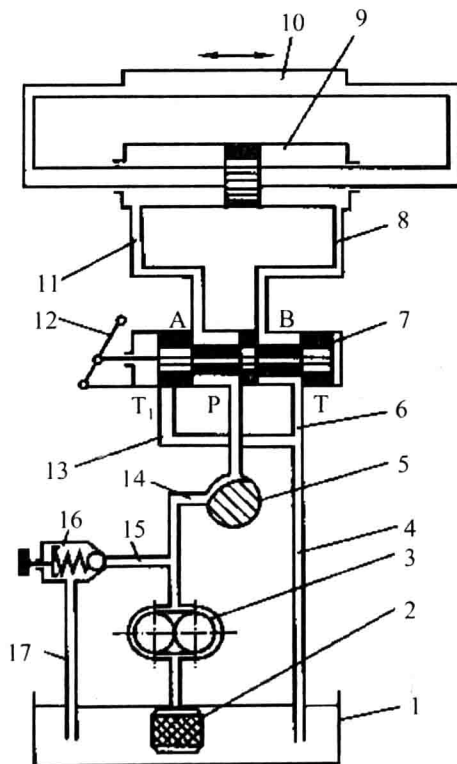


图 1-2 机床工作台液压系统原理结构示意图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4, 6, 8, 11, 13, 14, 15, 17—管路；

5—流量控制器；7—换向阀；9—液压缸；10—工作台；12—换向手柄；16—溢流阀

当液压泵 3 由电动机驱动旋转时，从油箱 1 经过滤器 2 吸油。当换向阀 7（有 P、T（T1）、A、B 四个油口和二个工作位置）的阀芯处于图 1-2 所示位置时，压力油经管路 14、阀



5、阀 7($P \rightarrow A$)和管路 11 进入液压缸 9 的左腔,推动活塞(杆)及工作台 10 向右运动。液压缸 9 右腔的油液经管路 8,阀 7($B \rightarrow T$)和管路 6,4 排回油箱;通过扳动换向手柄 12 切换阀 7 的阀芯,使之处于左端工作位置,则液压缸活塞反向运动;切换阀 7 的阀芯工作位置,使之处于中间位置,则液压缸 9 在任意位置停止运动。

调节和改变流量控制阀 5 的开度大小,可以调节进入液压缸 9 的流量,从而控制液压缸活塞及工作台的运动速度。液压泵 3 排出的多余油液经管路 15、溢流阀 16 和管路 17 流回油箱。液压缸 9 的工作压力取决于负载。液压泵 3 的最大工作压力由溢流阀 17 调定,其调定值应为液压缸的最大工作压力及系统中油液流经各类阀和管路的压力损失之和。因此,系统的工作压力不会超过溢流阀的调定值,溢流阀对系统还有超载保护作用。

从上例可看出,由于液压传动中的工作介质是在受控制和受调节的状态下进行工作,所以液压传动不仅有“传动”之用,而且还有“控制”之用,二者很难完全分开。液压系统主要由能源装置、执行器、控制调节装置和辅助装置四个部分组成,各部分的功能见表 1-1,这四个组成部分可以统称为液压元件。液压传动与控制的机械设备或装置中,为了实现其动力的传递、转换与控制要求,若干液压元件连接或复合而成的总体即称为液压系统。

表 1-1 液压系统的组成部分及其功能

组成部分	功能
源装置(液压泵和原动机)	将原动机(电动机或内燃机)产生的机械能转变为液体的压力能,输出具有一定压力的油液
执行路部分(液压缸、液压马达和摆动液压马达)	将液体的压力能转变为机械能,驱动工作机构的负载做功,用以实现往复直线运动、连续回转运动或摆动
控制调节装置(各种压力、流量方向控制阀及其他控制元件)	控制调节液压系统中从泵到执行器的油液压力、流量和方向,从而控制执行器输出的力(转矩)、速度(转速)和方向,以保证执行器驱动的主机工作机构完成预定的运动规律
辅助装置(油箱、管件、过滤器、热交换器、蓄能器及指示仪表等)	用来存放、提供和回收液压介质,实现液压元件之间的连接及传输载能液压介质;滤除液压介质中的杂质、保持系统正常工作所需的介质清洁度;系统加热或散热。储存、释放液压能或吸收液压脉动及冲击,显示系统压力、流量和油温等

1.2.4 液压系统的图形符号

为了简化液压与气动系统的表示方法,一般采用图形符号来绘制系统原理图,而不采用图 1-2 所示的半结构形式绘制。由于图形符号脱离了液压元件的具体结构,只表示其职能,因此用来表达系统中各液压元件的作用和整个系统的组成、油路联系和工作原理,简单明了,便于绘制。利用专门开发的计算机图形库软件,还可大大提高液压系统原理图的设计、绘制效率及质量。

我国现行液压系统图形符号标准为 GDB786.1—1993《液压气动图形符号》。在液压系统设计中,必须严格执行这一标准。图 1-3 即为按该标准绘制的图 1-2 所示的液压系统原理图。

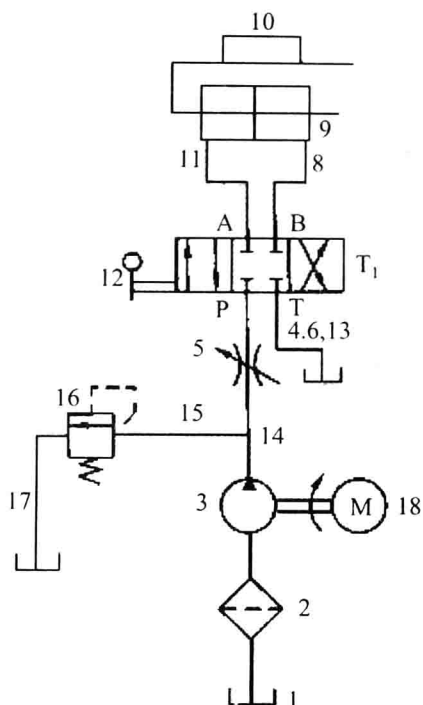


图 1-3 机床工作台液压系统原理图

1—油箱;2—过滤器;3—液压泵;4,6,8,11,13,14,15,17—管路;5—流量控制阀;
7—换向阀;9—液压缸;10—工作台;12—换向手柄;16—溢流阀;18—电动机

1.3 液压系统的类型

按工作特征和控制方式的不同,液压系统可分为液压传动系统和液压控制系统。液压传动系统通常为开环控制,以传递动力为主,传递信息为辅,追求传动特性的完善;系统的工作特性由各组成液压元件的特性和它们的相互作用来确定,其控制质量受工作条件变化的影响较大,当不能满足正常的工作条件时,甚至无法达到既定的目标。图 1-2 所示的系统即为开环控制的液压传动系统,其原理方块图如图 1-4 所示,系统中的流量控制阀的开度是事先调整好的,无法在工作过程中进行更改。

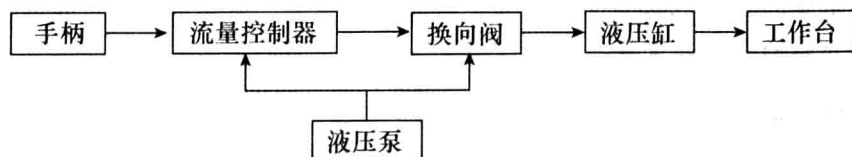


图 1-4 开环控制的液压系统原理框图

液压控制系统通常要采用伺服阀等控制阀,且多为闭环控制(见图 1-5),以传递信息为主,传递动力为辅,追求控制特性的完善。由于在系统中加入了检测反馈元件,故可用一般元件组成精确的控制系统,其控制质量受工作条件变化的影响较小。

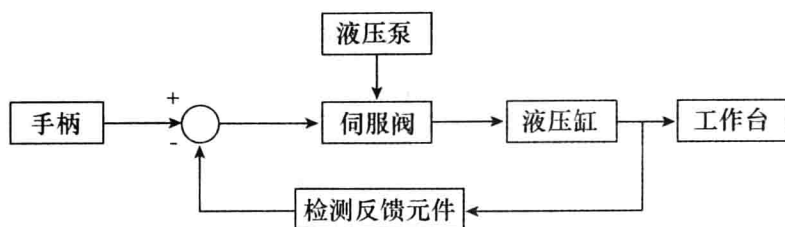


图 1-5 闭环控制的液压系统原理框图

1.4 液压传动与气压传动的优缺点

1.4.1 液压传动的优缺点

1.4.1.1 液压传动的优点

- (1) 与机械传动、电力传动同功率相比较时,液压传动的体积小、质量轻、结构紧凑。
- (2) 工作平稳、反应快、冲击小、能高速启动、制动、能够频繁换向。液压装置的换向频率在实现回转运动时,可达 500 次/min;实现往复直线运动时,可达 1000 次/min。
- (3) 可实现大范围的无级调速,能在运行过程中进行调速,调速范围可达 2000 : 1。
- (4) 控制方便,易于实现自动化,对压力、流量、方向易于进行调节或控制。
- (5) 易于实现过载保护。
- (6) 液压元件已经标准化、系列化和通用化,在液压系统的设计和使用中都比较方便。元件排列布置也具有较大的机动性。
- (7) 具有自润滑和吸振性能。

1.4.1.2 液压传动的缺点

- (1) 不能保证严格的传动比。这是因为工作介质的可压缩性与泄漏的影响。
- (2) 损失大,不利于远距离传输。因为液压传动在工作过程中有压力损失、泄漏损失。
- (3) 系统工作性能易受温度影响,因此不易在很高或很低的温度条件下工作。
- (4) 液压元件的制造精度要求高,所以元件价格较高。
- (5) 液压系统的故障不易排找。
- (6) 工作介质的净化要求高。

1.4.2 气压传动的优缺点

1.4.2.1 气压传动的优点

- (1) 工作介质容易取得,直接从大气中取得,用过后直接排放到大气中而不污染环境小,且不需回气管路,故气动系统管路较简单。
- (2) 气动元件的制造精度要求低,因为气压传动的工作压力低。
- (3) 与液压传动相比,气压传动反应快、动作迅速,一般只需 0.02~0.03s 就可以建立起需要的压力和速度。因此,它特别适用于实现系统的自动控制。



(4)空气黏度很小(约为油黏度的万分之一),在管道中流动时的压力损失小,所以节能、高效。它适用于集中供气和远距离输送。

(5)空气的性质受温度的影响小,高温下小会发生燃烧和爆炸,使用安全。所以对工作环境的适应性好,特别是在易燃、易爆、高尘埃、强磁、辐射及振动等恶劣环境中,比液压、电子及电子控制都优越。

(6)出于气体的可压缩性,便于实现系统的过载保护。

(7)介质清洁,管道不易堵塞,不存在介质变质及介质的补充和更换问题,元件使用方便,维护简单。

(8)气动元件机构简单,容易制造,易于实现标准化、系列化和通用化。

1.4.2.2 气压传动的缺点

(1)由于空气的可压缩件大,所以气动系统的动作稳定性差,负载变化时对工作速度的影响较大。

(2)由于工作压力低,且结构尺寸不宜过大,所以气压系统不易获得较大的输出力和力矩。因此,气压传动不适于重载系统。

(3)气动系统有较大的排气噪声。

(4)因空气无润滑性能,故在气路中需要设置给油润滑装置。

1.5 液压与气压传动的应用及发展概况

1.5.1 液压与气压传动系统的主要应用

液压与气压传动技术越来越广泛地应用于工业领域的各个方面。

在机床上,液压传动常应用在以下的一些装置中:

(1)进给运动传动装置。

磨床砂轮架和工作台的进给运动大部分采用液压传动;车床、六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架,铣床、刨床的工作台等的进给运动也多采用液压传动;这些部件有的要求快速移动,有的要求慢速移动,有的则既要求快速移动又要求慢速移动。这些运动多半要求有较大的调速范围,要求在工作无级调速。有的要求持续进给,有的要求间歇进给;有的要求在负载变化下速度恒定,有的要求有良好的换向性能等,所有这些要求那是可以用液压传动来实现的。

(2)往复主体运动传动装置。

龙门刨床的工作台、牛头刨床或插床的滑枕,要求作高速往复直线运动,并且要求换向冲击小、换向时间短、能耗低,因此都可以采用液压传动。

(3)仿形装置。

车床、铣床、刨床上的仿形加工可以采用液压伺服系统来完成。其精度可达 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$,此外,磨床上的成形砂轮修正装置亦可采用这种系统。

(4)辅助装置。

机床上的夹紧装置、齿轮箱变速操纵装置、丝杆螺母间隙消除装置、垂直移动部件平衡



装置、分度装置、工件和刀具装卸装置、工件输送装置等。采用液压传动后,有利于简化机床结构,提高机床自动化程度。

(5) 静压支撑装置。

重型机床、高速机床、高精度机床上的轴承机构等处采用液体静压支撑后,可以提高工作平稳性和运动精度。

液压传动在其他机械下业部门的应用情况见表 1-2。

表 1-2 液压与气压传动在各类机械行业中的应用实例

行业名称	应用场所举例
工程机械	挖掘机、装载机、推土机、压路机、铲运机等
起重运输机械	汽车吊、港口龙门吊、叉车、装卸机械、皮带运输机等
矿山机械	凿岩机、开掘机、开采机、破碎机、提升机、液压支架等
建筑机械	打桩机、液压千斤顶、平地机等
农业机械	联合收割机、拖拉机、农具悬挂系统等
冶金机械	电炉炉顶及电极升降机、轧钢机、压力机等

1.6 液压技术的发展概况

1.6.1 液压技术的发展简况

从公元前 200 多年前到 17 世纪初这一段时期,希腊人发明的螺旋提水工具和我国出现的水轮等都可以说是液压技术最古老的应用。

17 世纪至 19 世纪期间,欧洲人在液体力学、液体传动方面做出了重要贡献。例如,1648 年法国的 B. 帕斯卡(B. Pascal)提出的液体中压力传递的基本定律,1681 年 D. 帕潘(D. Papain)发明的带安全阀的压力釜,1850 年英国工程师威廉姆·乔治·阿姆斯特朗(William George Armstrong)发明的液压蓄能器,19 世纪中叶英国工程师佛莱明·詹金(F. Jinken)发明的世界上第一台差压补偿流量控制阀,1795 年英国人约瑟夫布瑞玛(Joseph Bramah)申请的第一台液压机的英国专利等。这些贡献与成就为 20 世纪液压传动与控制的发展提供了科学与工艺基础。

19 世纪在工业中所使用的液压传动装置是以水作为工作介质。因其密封问题一直未能得到很好的解决及电气传动技术的发展和竞争,导致液压技术一度停滞不前。此种情况在 1905 年美国入詹涅(Janney)首先将矿物油代替水作液压介质后才有所改观。20 世纪 30 年代后、由于车辆、航空、舰船等功率传动技术的推动,相继出现了斜轴式及弯轴式轴向柱塞泵、径向和轴向液压马达。1936 年 Harry vickers 发明广以先导控制压力阀为标志的管式系列液压控制元件。第二次世界大战期间,由于军事上的需要,出现了以电液伺服系统为代表的响应快、精度高的液压元件和控制系统,从而使液压技术得到了迅猛发展。

20 世纪 50 年代,随着战后世界各国经济的恢复和发展,生产过程自动化的不断增长,液压技术很快转入民用工业,特别在机械制造、起重运输机械及各类施工机械、船舶、航空等领域得到了广泛的发展和应用。同期,德国阿亨工业大学(TH Anchen)在仿形刀架方面,美国



麻省理工学院(MIT)Blackburn, Lee 及 Sheaer 等学者在电液伺服阀方面的研究取得了很大进展(出版了著名的《液压气动控制》一书)。这些成果乃至先前 Herry vickers 发明的先导式压力控制阀结构至今仍为全世界各国所采用。

20 世纪 60 年代以来,随着原子能、航空航天技术、微电子技术的发展,液压技术也在更深更广阔的领域得到了发展。60 年代出现了板式、叠加式液压阀系列,发展了以比例电磁铁为电气—机械转换器的电液比例控制阀,并被广泛用于工业控制中,提高了电液控制系统的抗污染能力和性能价格比;70 年代出现了插装式系列液压元件;80 年代以来,液压技术与现代数学、力学和微电子技术、计算机技术、控制科学等紧密结合,出现了微处理机、电子放大器、传感测量元件和液压控制单元相互集成的机电一体化产品(如美国 Lee 公司研制的微型液压阀等)。提高了液压系统的智能化程度和可靠性,并应用计算机技术开展了对液压元件和系统的动静态性能数字仿真及结构的辅助设计和制造(CAD 和 CAM)。随着科学技术的进步和人类环保、能源危机意识的提高,近 20 年来人们重新认识并研究历史上以纯水作为工作介质的纯水液压传动技术,使其在理论上和应用研究上都得到了复苏,并持续稳定地发展,也因此逐渐成为现代液压传动技术中的热点技术(Emerging Technology)和新的发展方向之一。

液压技术的应用领域也不断拓展,几乎囊括了国民经济的各个部门(见表 1-3)。21 世纪将是信息化、网络化、知识化和全球化的时代,IT 技术、生命科学、生物技术和纳米技术等新科技的不断发展将对液压传动与控制技术的研究、设计观念及方法,对包括液压传动与控制元件的结构与工艺,对其应用领域以及企业的经营管理模式产生深刻影响并导致革命性变化。在社会和工程需求的强力推动及机械与电气传动及控制的挑战下,液压传动与控制技术将依托机械制造、材料工程、微电子及计算机、数学及力学、控制科学等方面,不断发挥自身优势,满足客观需求,从而向更为绿色化(低污染、低噪声、低能耗)、机电液一体化、高度集成化和模块化、智能化和网络化的方向发展,将自身提高到新的水平。

1.6.2 液压技术的发展趋势

随着近 50 年来的科学技术的进步与发展,液压技术已成为包括传动、控制和检测在内,对现代机械装备的技术进步有重要影响的基础技术和基础学科;随着近 20 年来的电子技术、计算机技术和信息技术的迅速发展,液压技术不仅是一种传动方式,更多地是作为一种控制手段,作为连接微电子技术和大功率控制对象之间的桥梁,成为现代控制工程中重要的、不可缺少的环节和手段。例如,国外 90% 的数控加工中心、95% 以上的自动线都采用了液压传动技术。因而液压传动技术水平已成为衡量一个国家工业化水平的重要标志,世界上各先进国家都对液压技术的发展给予了高度重视。

当前液压技术向高压、高速、大功率、高效率、低噪声、高可靠性、高集成化方向发展,并取得重大进展,同时在完善比例控制、伺服控制、数字控制和机电一体化方向也取得了许多重大成果。新材料和新介质方向的研究也为液压技术的发展和完善提供了新的动力。当前液压技术的发展主要集中在以下 6 个方面:

(1)发展集成、交合小型化和轻量化液压元件。随着液压系统复杂化程度的提高,要求液压元件具有高可靠性、减少配管、节省安装空间及易维修等特点。必须发展上述类型的液压元件。继集成块式、叠加阀式、插装阀式之后,近几年又出现了将控制元件附加在动力元



件上的一体化复合液压装置。

(2)发展高性能的液压控制元件,适应机电一体化主机发展的需要。例如,开发体积小功率低的阀门,研制适应野外条件的电液比例阀、高响应频率的电液伺服阀、低成本的比例阀及不需要 A/D 和 D/A 转换可直接与计算机接口的数字阀。

(3)以环境保护、安全和满足可持续发展为目标的绿色开发研究。例如,无污染的纯水液压技术及相关新材料、新工艺的开发和应用研究,降低元件和系统的噪声、减少泄漏和提高密封性能的应用研究。

(4)提高元件和系统的可靠性。提高可靠性是一项系统工程,除科学设计、先进的材料及完善的工艺外,还应注意应用和维护的可靠性,系统的状况监测、故障诊断及降低元件对污染的敏感性。加强污染控制与新型工程材料的应用研究,对提高元件和系统的可靠性有重要意义。

(5)以提高效率、降低能耗为目标的系统匹配设计理论、方法和计算机对液压系统进行自动适应控制手段研究。

(6)技术标准化研究。设计的标准化、产品的规范化不但方便用户,也是行业发展所必需的。技术标准化的水平是行业技术发展水平的标志,在该方向上还有艰巨的工作要做。

思考题

1. “液压传动”是什么,试述液压千斤顶机构的工作原理。
2. 液压传动的组成,各有什么作用?
3. 试述液压传动的优缺点。