

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

机电一体化系列

液压传动与气压传动

YEYACHUANDONG YU QIYACHUANDONG

何存兴 张铁华 主编

华中理工大学出版社



TH137
H25

442859

机电一体化系列

液压传动与气压传动

何存兴 张铁华 主 编

杨曙东 李国良 副主编

华中理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压传动与气压传动/何存兴,张铁华主编
武汉:华中理工大学出版社, 1998年8月
ISBN 7-5609-1794-1

I. 液…
II. ①何… ②张… ③杨… ④李…
III. ①液压传动 ②气压传动
IV. TH137

机电一体化系列

液压传动与气压传动

何存兴 张铁华 主编

责任编辑: 钟小珉

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山 邮编:430074)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社照排室排版

武汉市新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:21.5 字数:525 000

1998年8月第1版 1999年5月第2次印刷

印数:3 001—6 000

ISBN 7-5609-1794-1/TH·93

定价:24.00元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行科调换)

内 容 简 介

本书内容包括：液压流体力学、液压元件（泵、马达、缸、开关控制阀、比例阀、逻辑阀、数字阀、伺服阀和辅助元件）的结构原理、液压基本回路、典型液压系统、液压系统的设计计算；气压传动基础知识、气动元件的结构原理、气动基本回路和气动系统设计等。

本书适合作高等学校机械类专业的教材，也可供有关科研、设计单位及工厂等有关技术人员参考。

DY66/14

代 序

机械工业是重要的基础工业,是国民经济发展的先导部门。历史的实践已一再证明:先进的技术装备与先进的制造技术在国民经济发展中,起着何等重要的作用;而先进的装备与先进的制造技术则正是由先进的机械工业来提供的。马克思讲得何等的深刻:“大工业必须掌握它特有的生产资料,即机器的本身,必须用机器生产机器,这样,大工业才建立起与自己适应的技术基础,才得以自立。”过去是这样,现在是这样,将来也还是这样。

当然,由于现代科学技术的迅猛发展,特别是由于微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展,机械工业已发生了而且还在继续发生极为深刻的变化:机械技术与微电子技术的紧密结合,特别是与微计算机技术的紧密结合,现代机械技术所拥有的技术较以往远为高,远为新,远为广,远为复杂而先进;机电一体化技术与产品是十分突出的表现之一。这一深刻的变化是一股强大的潮流与一个严重的挑战,而且这一股潮流与这一个挑战是不应抗拒的,也是不可抗拒的。“顺之者昌,逆之者亡”,这是无法改变的现实。

这一深刻的变化反映在:机械工程、机械工业的面貌与内容发生了根本性的变化。过去,理论上主要以力学作为基础,实践上主要以经验作为基础,现在,作为基础的理论远不限于力学,还有系统论、控制论、信息论、传感理论、信号处理理论、电子学、计算机学等等,作为实践的基础远不限于经验,而且还涉及各有关的学科,同时,本身也在形成自己的学科体系——制造理论、工艺理论。机械产品的性质也在发生重大的变化,新的机械产品在不同程度上都同微电子技术、微计算机技术相结合,取代、延伸、加强与扩大人脑的部分作用。机械产品的种类与品种正日新月异,老的正在脱胎换骨,新的不断问世,几乎“无所不包”、“无孔不入”,大有令人瞠目结舌之势。与此相适应,机械制造技术正在彻底改造,广泛采用各种高新技术,特别是微电子技术与电子计算机技术,从数控化走向柔性化、集成化、智能化,成为现代科技前沿热点之一。与此相适应,企业的管理也在发生根本性的变化,从以产品为主的管理发展到以面向市场的信息为主的管理。

在这一深刻变化与严重挑战面前,谁胜谁负,谁兴谁衰,人才是关键。中共中央负责同志今年4月24日同部分学部委员座谈时就强调指出:要振兴经济,首先要振兴科技;要振兴科技,首先是培养人才。要发展机电一体化技术与产品,要实现机械工业的根本改造,没有高层次的科技人才是不行的。为了培养机械技术与电子技术紧密结合的高层次科技人才,有关各国都在探索其最优道路。我国采取果断措施,在大量减少专业种类的情况下,设立了“机电控制与自动化专业”,为进一步高质量地快速地培养这方面的人才创造更好的条件。事实上,我国不少高等

院校已在这一工作上作了多年的探索,试办了诸如机电一体化试点班,试点专业之类,华中理工大学也是其中的一员。创办这一方面的专业,也是一项改革,也是一项艰难的事业。鲁迅先生讲得好:“愈艰难,就愈要做。改革,是向来没有一帆风顺的。”正因为如此,我们必须继续迎着艰难去探索。

众所周知,教材,是人才培养中的重要一环,教材建设是一个学校最基本的建设之一。为此,华中理工大学有关教师在以往试点工作的基础上,总结了自己的经验,学习了兄弟学校的经验,有组织有计划地编写了这一方面的成套教材。这样,一方面可以适应目前形势发展的急需,另一方面也是进一步的继续探索。

《诗经》讲得好:“嘤其鸣矣,求其友声。”由于编者业务水平的有限,探索经验的不足,编写时间的紧迫,这套教材中的错误、不妥与缺陷在所难免,敬希专家与读者拨冗指教,我们将不胜感谢。

教授、中国科学院学部委员

杨叔子

1992.4.30

前 言

本书为高等学校机械类专业教材,是根据机械类专业教学计划中《液压传动与气压传动》教学大纲编写的。本书内容包括:液压流体力学、液压元件(泵、马达、缸、开关控制阀、比例阀、逻辑阀、数字阀、伺服阀和辅助元件)的结构原理、液压基本回路、典型液压系统、液压系统的设计计算;气压传动基础知识、气动元件的结构原理、气动基本回路和气动系统设计等。

本书适合作高等学校机械类专业的教材,也可供有关科研、设计单位及工厂等有关技术人员参考。

本书的编写力求贯彻少而精和理论联系实际的原则,突出理论知识的应用,加强针对性和实用性,并尽量反映国内外最新成就和发展趋势。

全书共16章,每周讲授6学时,9周即可修毕(书中打“*”号的节段供学生参考,不在课堂上讲授)。

本书由华中理工大学何存兴、张铁华任主编,杨曙东、李国良任副主编,汤漾平参编。何存兴编写绪论、第一、五、七章,李国良编写第二、十一章,张铁华编写第三、四、六章,汤漾平编写第八、九章,杨曙东编写第十、十二~十六章。由何存兴对全书进行统稿。

太原重型机械学院王明智为本书主审,他对本书进行了细致详尽的审阅,提出了许多宝贵意见。在此表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不少缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编者

1998年1月

目 录

绪论	(1)
----	-----

第一篇 液压传动

第一章 液压传动概述	(2)
§ 1-1 液压传动的定义、工作原理及组成	(2)
§ 1-2 液压传动的优缺点	(3)
* § 1-3 液压传动的工作液体	(3)
练习题	(10)
第二章 液压流体力学	(11)
§ 2-1 油液的主要物理性质	(11)
§ 2-2 流体静力学	(14)
§ 2-3 流体动力学	(18)
§ 2-4 液体流动时的压力损失	(24)
§ 2-5 孔口和缝隙流动	(33)
§ 2-6 液压冲击和气蚀现象	(40)
练习题	(42)
第三章 液压泵	(46)
§ 3-1 液压泵概述	(46)
§ 3-2 齿轮泵	(48)
§ 3-3 螺杆泵	(61)
§ 3-4 叶片泵	(62)
§ 3-5 轴向柱塞泵	(72)
§ 3-6 径向柱塞泵	(80)
练习题	(82)
第四章 液压执行元件	(84)
§ 4-1 液压马达	(84)
§ 4-2 液压缸	(92)
§ 4-3 摆动液压缸	(98)
练习题	(99)
第五章 液压控制阀	(100)
§ 5-1 阀内流动的基本规律	(100)
§ 5-2 压力控制阀	(107)
§ 5-3 流量控制阀	(121)
§ 5-4 方向控制阀	(130)
§ 5-5 电液比例阀	(143)

§ 5-6	逻辑阀	(151)
§ 5-7	电液数字阀	(158)
§ 5-8	电液伺服阀	(163)
* § 5-9	液压阀的连接方式	(174)
	练习题	(177)
第六章	液压辅助元件	(179)
§ 6-1	蓄能器	(179)
* § 6-2	滤油器	(182)
* § 6-3	密封装置	(183)
* § 6-4	油管及管接头	(185)
* § 6-5	油箱	(186)
* § 6-6	冷却器和加热器	(189)
	练习题	(190)
第七章	液压基本回路	(192)
§ 7-1	压力控制回路	(192)
§ 7-2	速度控制回路	(196)
§ 7-3	方向控制回路	(204)
§ 7-4	多缸(马达)工作控制回路	(206)
§ 7-5	其它回路	(210)
	练习题	(211)
第八章	典型液压系统	(213)
§ 8-1	组合机床动力滑台液压系统	(213)
§ 8-2	Q2-8型汽车起重机液压系统	(215)
§ 8-3	YA32-200型四柱万能液压机液压系统	(218)
§ 8-4	XS-ZY-250A型塑料注射成型机液压系统	(221)
* 第九章	液压系统的设计计算	(225)
§ 9-1	明确系统的设计要求	(225)
§ 9-2	分析系统工况,确定主要参数	(225)
§ 9-3	拟定液压系统原理图	(227)
§ 9-4	液压元件的计算与选择	(227)
§ 9-5	液压系统的性能验算	(228)
§ 9-6	液压系统的设计计算举例	(229)

第二篇 气压传动

第十章	气压传动概述	(234)
§ 10-1	气压传动及其优缺点	(234)
§ 10-2	气压传动系统的组成	(235)
	练习题	(236)
第十一章	气压传动基础知识	(237)

§ 11-1	空气的物理性质	(237)
§ 11-2	气体状态方程	(240)
§ 11-3	气体的流动规律	(242)
	练习题	(246)
第十二章	气源装置和辅助元件	(248)
§ 12-1	气源装置	(248)
§ 12-2	辅助元件	(253)
* § 12-3	气动系统的管道设计	(263)
	练习题	(265)
* 第十三章	气动执行元件	(266)
§ 13-1	气缸	(266)
§ 13-2	气马达	(272)
	练习题	(274)
第十四章	气动控制元件	(275)
§ 14-1	压力控制阀	(275)
§ 14-2	流量控制阀	(281)
§ 14-3	方向控制阀	(283)
§ 14-4	气动逻辑元件	(292)
	练习题	(299)
第十五章	气动基本回路	(300)
§ 15-1	压力控制回路	(300)
§ 15-2	速度控制回路	(301)
§ 15-3	换向回路	(302)
§ 15-4	气液联动回路	(303)
§ 15-5	位置控制回路	(306)
§ 15-6	安全保护回路	(307)
§ 15-7	往复动作回路	(309)
§ 15-8	延时回路	(309)
§ 15-9	计数回路	(310)
	练习题	(311)
第十六章	气动系统设计	(312)
§ 16-1	行程程序回路设计概述	(312)
§ 16-2	多缸单往复行程程序回路设计	(313)
§ 16-3	多缸多往复行程程序回路设计	(319)
§ 16-4	气动系统设计的主要内容及步骤	(321)
* § 16-5	气动系统实例	(324)
参考文献	(330)

绪 论

液压传动与气压传动都是以流体为介质,来实现能量的转换、传递及控制的学科。

液压传动与气压传动都是利用各种元件(液压元件或气压元件)组成具有不同控制功能的基本回路,再由若干基本回路组成传动系统来进行能量转换、传递和控制。为了研究这门学科,必须掌握液压流体力学和气体力学的基础知识,需要熟悉组成系统的各类元件的结构、工作原理、工作性能及由这些元件所组成的各种基本控制回路的性能特点,并在此基础上根据主机负载的需要进行液压与气压传动及控制系统的设计。

以液体为工作介质的液压传动具有无级调速和传动平稳的优点,故在磨、插、拉、刨、铣等机床上得到广泛应用;因其布置方便并易实现自动化,在组合机床上用得较广;由于执行元件的输出力(或转矩)较大、操纵方便、布置灵活,液压元件和电器易实现自动化和遥控,在冶金机械、矿山机械、钻探机械、起重运输机械、建筑机械、塑料机械、农业机械、液压机、铸锻机以及飞机和军舰上的许多控制机构都普遍采用液压传动。但因液压传动的阻力损失较大,故不宜作远距离传输。而工作介质为空气的气压传动,因工作压力较低(一般在 1MPa 以下),且有可压缩性,所以传递动力小,运动不如液压传动平稳;但因空气粘度小,传递过程阻力损失小,速度快,反应灵敏,因而气压传动能用于较远距离的传输,特别在易燃、易爆、多尘埃、强磁、辐射、振动等恶劣环境中,气压传动比液压、电子、电气控制优越。有时为了综合利用液压传动与气压传动的优点,而采用气液联合传动来获得成本低廉、性能优越、运动平稳的传动及控制装置。

第一篇 液压传动

第一章 液压传动概述

§ 1-1 液压传动的定义、工作原理及组成

一、液压传动的定义

一部完整的机器一般主要由三部分组成,即原动机、传动机构和工作机。

原动机包括电动机、内燃机等。

工作机即完成该机器之工作任务的直接工作部分。如剪床的剪刀,车床的刀架、车刀、卡盘等。

由于原动机的功率和转速变化范围有限,为了适应工作机工作力(转矩)和工作速度(转速)变化范围较宽的要求,以及其它操纵性能(如停车、换向等)的要求,在原动机和工作机之间设置了传动机构(或称传动装置)。

传动机构通常分为机械传动、电气传动和流体传动。

流体传动是以流体为工作介质进行能量转换、传递和控制的传动。包括液体传动和气体传动。

液体传动是以液体为工作介质的流体传动。包括液力传动和液压传动。

液力传动是主要利用液体动能的液体传动。

液压传动是主要利用液体压力能的液体传动。

二、液压传动装置的工作原理及组成

以图 1-1 所示的液压千斤顶为例,说明液压传动装置的工作原理及其组成。

当手柄 1 带动活塞上提时,泵缸 2 容积扩大形成真空,排油单向阀 3 关闭,油箱 5 中的液体在大气压力作用下,经管 6、吸油单向阀 4 进入泵缸 2 内;当手柄 1 带动活塞下压时,吸油单向阀 4 关闭,泵缸 2 中的液体推开排油单向阀 3、经管 9、10 进入液压缸 11,迫使活塞克服重物 12 的重力 G 上升而做功;当需液压缸 11 的活塞停止时,使手柄 1 停止运动,液压缸 11 中的液压力使排油单向阀 3 关闭,液压缸 11 的活塞就自锁不动;工作时截止阀 8 关闭,当需要液压缸 11 的活塞放下时,打开此阀,液

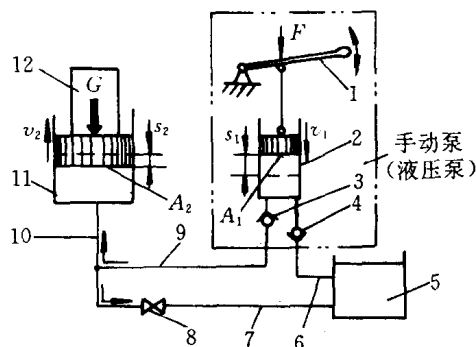


图 1-1 液压千斤顶原理图

- 1—手柄;2—泵缸;3—排油单向阀;4—吸油单向阀;
5—油箱;6、7、9、10—管;8—截止阀;
11—液压缸;12—重物

体在重力作用下经此阀排往油箱 5。这就是液压千斤顶的工作原理。它是简单又较完整的液压传动装置。显然,液压传动装置由以下几部分组成:

(1) 液压泵:把机械能转换成液体压力能的元件。泵缸 2、吸油单向阀 4 和排油单向阀 3 组成一个阀式配流的液压泵。

(2) 执行元件:把液体压力能转换成机械能的元件。如液压缸 11(当输出不是直线运动而是旋转运动时,则为液压马达)。

(3) 控制元件:通过对液体的压力、流量、方向的控制,来实现对执行元件的运动速度、方向、作用力等的控制;用以实现过载保护、程序控制等。如截止阀 8 即属控制元件。

(4) 辅助元件:上述三个组成部分以外的其它元件,如管道、管接头、油箱、滤油器等为辅助元件。

§ 1-2 液压传动的优缺点

一、液压传动的主要优点

与机械传动、电气传动相比,液压传动具有以下优点:

- (1) 液压传动的各种元件,可根据需要方便、灵活地来布置;
- (2) 重量轻、体积小、运动惯性小、反应速度快;
- (3) 操纵控制方便,可实现大范围的无级调速(调速范围达 2000 : 1);
- (4) 可自动实现过载保护;
- (5) 一般采用矿物油为工作介质,相对运动面可自行润滑,使用寿命长;
- (6) 很容易实现直线运动;
- (7) 容易实现机器的自动化,当采用电液联合控制后,不仅可实现更高层次的自动控制过程,而且可以实现遥控。

二、液压传动的主要缺点

- (1) 由于流体流动的阻力损失和泄漏较大,所以效率较低。如果处理不当,泄漏不仅污染场地,而且还可能引起火灾和爆炸事故。
- (2) 工作性能易受温度变化的影响,因此不宜在很高或很低的温度条件下工作。
- (3) 液压元件的制造精度要求较高,因而价格较贵。
- (4) 由于液体介质的泄漏及可压缩性影响,不能得到严格的定比传动。
- (5) 液压传动出故障时不易找出原因;使用和维修要求有较高的技术水平。

* § 1-3 液压传动的工作液体

液压系统中的工作液体既是传递功率的介质,又是液压元件的冷却、防锈和润滑剂。在工作中产生的磨粒和来自外界的污染物,也要靠工作液体带走。工作液体的粘性,对减少间隙的泄漏、保证液压元件的密封性能都起着重要作用。

一、液压传动的工作液体应具有的基本性质

- (1) 应有适当的粘度和良好的粘温特性(即温度变化时粘度变化的幅度要小)。过高的粘度

会增加系统的压力损失,降低效率,使系统发热,并恶化了泵的吸入条件。反之,粘度过低会加大泄漏量,不仅影响效率,而且还会降低润滑性能。

A. 液体的粘度

粘度用运动粘度 ν 表示。在国际单位制中 ν 的单位是 m^2/s ,而在实用上标定油的粘度用 cm^2/s (St, 施)的 1/100,即 mm^2/s (cSt, 厘施)表示。

按我国 GB 标准规定,液压油产品的代号按下列顺序表示:“类组号-牌号-尾注号”。“牌号”即该介质在 40℃时的运动粘度等级,并在级前冠以“N”字符,以区别于其它温度下的运动粘度等级。“尾注号”有以下几种:H 表示由石油烃叠合或缩合等工艺制得的产品;G 表示具有良好的粘-温特性,可减少导轨的爬行现象;D 表示具有良好的低温起动性能;K 表示对镀银部件具有良好的抗腐蚀性。

表 1-1 是常用液压油的新、旧粘度等级牌号的对照(注:旧标准是以 50℃时的粘度值作为液压油的粘度等级牌号)。

表 1-1 常用液压油的牌号和粘度

ISO 粘度等级	GB2512—81 粘度等级	40℃的运动粘度 厘施(即 mm^2/s)	相近的旧标准 粘度等级
ISO VG15	N15	13.5~16.5	10
ISO VG22	N22	19.8~24.2	15
ISO VG32	N32	28.8~35.2	20
ISO VG46	N46	41.4~50.6	30
ISO VG68	N68	61.2~74.8	40
ISO VG100	N100	90~110	60

所有工作液体的粘度都随温度的升高而降低,如图 1-2 所示。

在高压或者高温条件下工作时,为了获得较高的容积效率,不使油的粘度过低,应采用高牌号液压油。低温时或泵的吸入条件不好时(压力低,阻力大),应采用低牌号液压油。

B. 液体的粘温特性

粘温特性用粘度指数 VI 表示,VI 是油液粘温特性的相对比较值。如图 1-3 所示,被试液、VI=100 的标准油和 VI=0 的标准油,三者在 100℃时有相同的粘度,而在 40℃时的粘度分别为 U、H 和 L,按规定:

当 $0 \leq VI < 100$ 时,

$$VI = 100(L - U)/(L - H) \quad (1-1)$$

当 $VI \geq 100$ 时,

$$VI = (10^{N-1}/0.00715) + 100 \quad (1-2)$$

其中

$$N = (\lg H - \lg \nu)/\lg \nu \quad (1-3)$$

显然,曲线越平坦,VI 越大。在计算 VI 时,L 和 (L-H) 的数值可在有关手册中查出。矿物油的 VI 一般为 70~110,油包水乳化液的 VI=130~170,水-乙二醇的 VI=140~170,水包油乳化液的 VI 达 180,磷酸酯的 VI 则为零以下,环烷基油液的 VI=0,石蜡基油液的 VI≈100。液压系统一

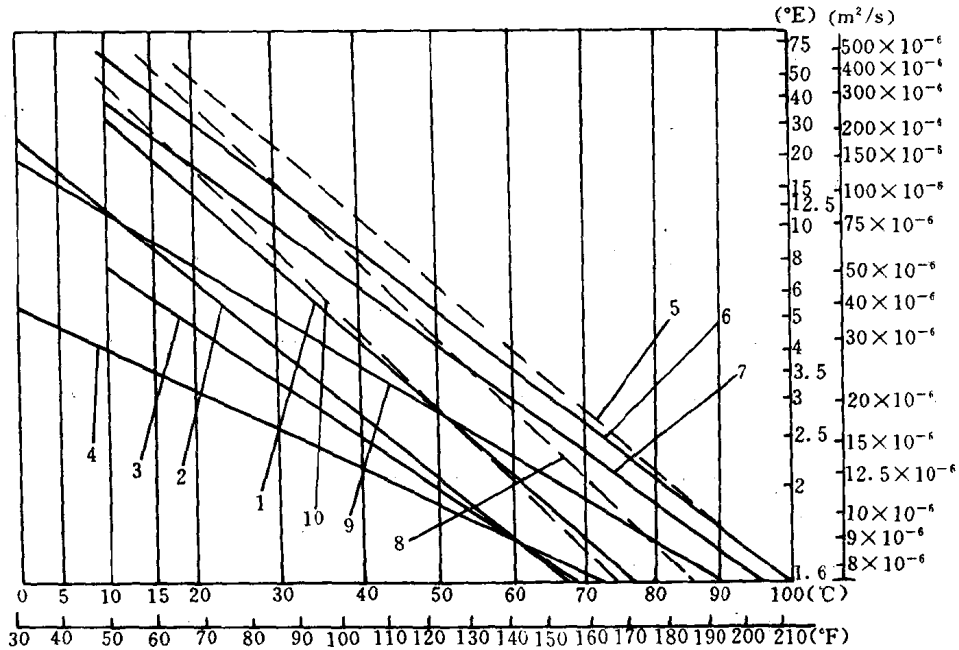


图 1-2 几种国产液压油的粘温曲线

1—N32 机械油；2—YC-N32 低温液压油；3—N15 机械油；4—N15 航空液压油；5—HU-45 汽轮机油；
6—N68 机械油；7—N46 机械油；8—HU-30 汽轮机油；9—YC-N46 低温液压油；10—HU-20 汽轮机油

般要求工作液体的 ν 在 90 以上，优异的在 100 以上。

(2) 应有良好的润滑性能。

(3) 空气分离压、饱和蒸汽压及流动点要低，闪点、燃点要高，能防火、防爆。

(4) 应有良好的化学稳定性，包括在高温下（抗热）与空气长期接触（抗氧化）以及在高速通过缝隙或小孔（抗剪切）后仍能保持其原有化学成分不变的性质。

(5) 应有良好的防腐蚀性，不腐蚀金属和密封件。

(6) 对人体无害，成本低。

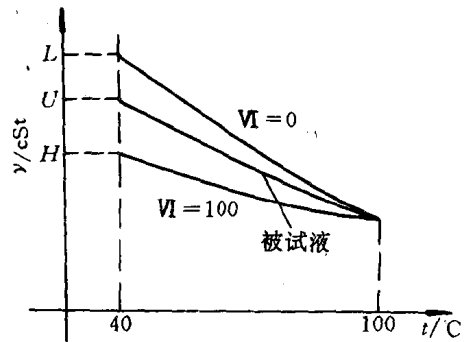


图 1-3 粘度指数 ν

二、工作液体的种类

1. 石油基液压油

(1) 机械油：为通用润滑油，其氧化稳定性差，常用于不重要的液压系统。其牌号有：N15、N22、N32、N46、N68、N100 和 N150 等。

(2) 汽轮机油：为深度精加工的润滑油，并加入了抗氧化、抗泡沫、防锈蚀等添加剂，比机械油性能好。其牌号有：N22、N32、N68 和 N100。

(3) 普通液压油（类组号 YA）：是采用汽轮机油馏分作基础油，加入抗氧、抗腐、抗磨、抗泡、防锈等添加剂调合而成。用于高精密机床或要求较高的中、低压液压系统，但只适于 0°C 以上的工作环境。其牌号有：YA-N32、YA-N46、YA-N68、YA-N32G、YA-N68G。

(4) 液压-导轨油：其基础油与普通液压油同，除普通液压油所具有的全部添加剂外，还加

有油性剂,用于导轨润滑时有良好的防爬性能。适用于机床液压和导轨润滑合用的系统。其牌号有:N22、N32、N46、N68等。

(5)抗磨液压油(类组号 YB):其基础油与普通液压油同,除加有抗氧、抗腐、抗泡、防锈等添加剂外,还加有抗磨剂,以减少液压件的磨损。适用于-15℃以上的高压、高速工程机械和车辆液压系统。其牌号有:YB-N32、YB-N46、YB-N68、YB-N68K、YB-N100、YB-N150,其中 YB-N68K 适用于有镀银部件的系统。

(6)低温液压油(又名低凝、工程、稠化液压油)(类组号 YC):用低凝点的机械油或汽轮机油,加抗氧、抗腐、抗磨、抗泡、防锈、降凝和增粘等添加剂调合而成。低温下有良好的起动性能,在正常温度下有很好的工作性能,其粘度指数在 130 以上,而且其抗剪切性能好。适用于-25~-35℃的低温地区的户外高压系统。其牌号有:YC-N32、YC-N46、YC-N46D、YC-N68。

(7)高粘度指数液压油(类组号 YD):它是低粘度的变压器油分馏后加增粘、抗磨、油性、抗氧剂等调合而成。其粘温特性比低温液压油更好,粘度指数达 175 以上,且抗剪切安定性好,还有较好的润滑性,以保证不发生低速爬行和低速不稳定现象。适用于数控精密机床及高精度坐标镗床的液压系统。冬季用 YD-N22 或 YD-N32,夏季用 YD-N46。

(8)清净液压油:是指油中的杂质(固体)颗粒的粒度和数量都予以严格控制的油。此外,还有较高的抗氧化安定性。适用于高精度、高响应的电液伺服系统。其牌号有:N32。

(9)其它专用液压油:按使用的场合不同又分为以下几种:

a. 航空液压油(红油):油中加有增加粘度指数和润滑性的添加剂,凝点低,适合于低温工作。用于航空系统。其牌号有:10号、12号。

b. 炮用液压油:用于高射炮的液压系统和中型坦克稳定器系统。

c. 舰用液压油:适用于各种舰船液压系统。

d. 舵机液压油:适用于船舶舵机液压系统。

e. 液压设备防锈油:有 N32、N46、N68 三个牌号。既可防锈,又可作液压传动油。适用于液压系统试运转,即经试运转和排油后,剩余油膜可防止金属生锈直至正式使用。防锈期 1~2 年,常用于试车后发往外地的车床中。

f. 合成锭子油和专用锭子油:为高度精制的轻质润滑油,具有良好的润滑性、防锈性和低温性能。既适用于机械的润滑,也可用于液压系统。

2. 抗燃液压油

抗燃液压油可分为合成型、油水乳化型和高水基型三大类。

1) 合成型抗燃工作液

(1)水-乙二醇液(类组号 YRC):这种液体含有 35%~55%的水,其余为乙二醇及各种添加剂(增稠剂、抗磨剂、抗腐蚀剂等)。其优点是凝点低(-50℃),有一定的粘性,而且粘度指数高($\nu = 130 \sim 170$),抗燃。适用于要求防火的液压系统,使用温度范围为-18~65℃。其缺点是价格高,润滑性差,用于现有元件,只能在中等压力(14MPa 左右)下工作。这种液体密度大,所以吸入困难。水-乙二醇液能使许多普通油漆和涂料软化或脱离,可换用环氧树脂或乙烯基涂料。

(2)磷酸酯液(类组号 YRD):这种液体的优点是,使用的温度范围宽(-54~135℃),抗燃性好,抗氧化安定性和润滑性都很好。允许使用现有元件在高压下工作。其缺点是价格昂贵(为液压油的 5~8 倍);有毒性;与多种密封材料(如丁腈橡胶和氯丁橡胶)的相容性很差,而与丁基胶、乙丙胶、氟橡胶、硅橡胶、聚四氟乙烯等均可相容。其牌号有:4611、4613-1 和 4614。

(3) 硅油:其特点是压缩系数大,粘温特性及安定性好,耐剪切。多用作减振器油。

2) 油水乳化型抗燃工作液

油水乳化液是指互不相溶的油和水,使其中的一种液体以极小的液滴均匀地分散在另一种液体中所形成的抗燃液体。分水包油乳化液和油包水乳化液两大类。

(1) 水包油乳化液(类组号 YRA):这种乳化液含油量达 5%~10%,含水量达 90%~95%,另外还有各种添加剂(乳化剂、防锈剂、助溶剂、防霉剂和抗泡剂等),微小油滴均匀地分布在水中。这种乳化液润滑性差。适用于液压支架和水压机系统。

(2) 油包水乳化液(类组号 YRB):它是外相为油,内相为水的白色乳状液。一般为含 60%的基础油,40%的水和各种添加剂(乳化剂、抗磨剂、防锈剂)组成的多相体系。其优点是有较好的润滑性、防锈性,又可抗燃。其缺点是使用温度不能高于 65℃。其牌号有:YRB-40、YRB-60、YRB-90、YRB-130。

3) 高水基型抗燃工作液

这种工作液不是油水乳化液。其主体为水,占 95%,其余 5%为各种添加剂(抗磨剂、防锈剂、抗腐剂、乳化剂、抗泡剂、极压剂、增粘剂等)。其优点是成本低,抗燃性好,不污染环境。其缺点是粘度低,润滑性差。

3. 海水或淡水

舰船液压系统,以海水(或淡水)为工作介质,液压泵直接从海洋(或江河)中吸入海水(或淡水),高压海水(或淡水)进入执行元件工作后直接排入海洋(或江河)。其优点是:①可省去回油管路和油箱;②液压系统重量大大减轻;③系统不会出现过热问题;④避免了液压油作介质的舰船液压系统因泄漏而对海洋(或江河)的污染;⑤可避免潜艇暴露目标[当潜艇液压系统以液压油为介质时,敌人常根据海洋(或江河)面上飘有泄漏液压油而判定潜艇所在位置]。其缺点是:①液压系统的容积效率和机械效率较低;②对元件的材质和制造工艺要求较高;③价格较贵。

三、工作液体的污染及其控制

1. 污染的原因及危害

工作液体中的污染物来源包括:液压装置组装时残留下来的污染物(如切屑、毛刺、型砂、磨粒、焊渣、铁锈等);从周围环境混入的污染物(如空气、尘埃、水滴等);在工作过程中产生的污染物(如金属微粒、锈斑、涂料剥离片、密封材料剥离片、水分、气泡以及工作液体变质后的胶状生成物等)。

固体颗粒使元件加速磨损,寿命缩短,泵阀性能下降,甚至使阀芯卡死,滤油器堵塞。水的侵入不仅会产生汽蚀腐蚀,而且还将加速工作液体的氧化,并与添加剂起作用产生粘性胶质,堵塞滤油器。空气的混入将降低工作液体的体积模量和润滑性能,导致泵气蚀及执行元件低速爬行。

2. 固体颗粒污染物的测定

工作液体的污染度是指单位容积工作液体中固体颗粒污染物的含量(含量可用重量或颗粒数表示)。污染度的测定方法有以下两种:

(1) 称重法:把 100mL 的工作液体样品进行真空过滤并烘干后,在精密天平上称出颗粒的重量,按标准定出污染等级。此法设备简单,操作方便,重复精度高。但只能表示工作液体中颗粒污染物的总量,不能反映颗粒尺寸的大小及分布情况。适用于工作液体日常性的质量管理场