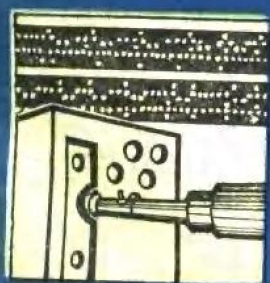


高等学校试用教材



金属切削机床液压传动

南京工学院 章宏甲 主编
合肥工业大学 周邦俊



江苏科学技术出版社

7 G 502.132
5
3

全国高等学校试用教材

金属切削机床液压传动

南京工学院 章宏甲 主 编
合肥工业大学 周邦俊 副主编

江苏科学技术出版社

内 容 简 介

本书在讲述液压传动基本原理的基础上,着重对金属切削机床液压系统的结构和性能进行分析。书中比较完整地介绍了液压元件和系统的工作原理、静动态特性和应用范围。

本书共分十一章。第一章绪论,第二章流体力学基础,第三至六章讲述液压元件(包括液压泵、液压缸、液压阀和辅助装置),第七至十一章介绍液压回路和系统(包括调速回路、其它回路,典型系统,系统设计和伺服系统)。

本书已确定为高等院校机械制造专业液压传动课程的教材,同时也可作为机械类其它专业的数学参考书,或供工厂和研究单位技术人员学习、参考之用。

全国高等学校试用教材

金 属 切 削 机 床 液 压 传 动

出版:江苏科学技术出版社

发行:江苏省新华书店

印刷:扬州印刷厂

开本787×1092毫米 1/16 印张23.75 字数542,000

1980年12月第1版 1981年1月第1次印刷

印数1—40,500册

书号 15196·047 定价 2.30 元

责任编辑 孙广能

前 言

本书是按照1978年高等院校的一机部对口专业座谈会的精神编写的，并已确定为机械制造专业液压传动课程的教材。本书也可作为机械类其它专业的教学参考书或供工厂和研究单位的技术人员学习、参考之用。

液压技术在最近二十年来有很大的发展：新产品不断涌现，新应用到处推广，新领域日益增多。这些实际情况及其所依据的基本理论，特别是设备的动态特性、功能效率等问题，教材上必须要有所反映，才能跟上国内外形势的发展，适应我国四个现代化的需要。

本书在大的编写体系上，与传统的做法没有什么差别。但是考虑到教材不是学术专著，不宜旁证博引，求深求全；教材不是设计手册，不宜罗列数据，刊载规格；教材也不是使用指南，不宜详论条文，细议守则。因此，本书只按课程要求，讲清楚基本内容、基本理论和基本方法，使学生受到启发，知道进一步探索问题的途径，懂得选用资料、进行设计的依据，能够分析和解释使用中既定的规则和出现的问题。全书内容按“加强动态分析、以系统为主干”的意图进行编写，这是因为在机械制造专业中，金属切削机床液压传动课程的着重点，应该放在掌握普通机床液压系统的工作原理、设计方法和正确使用上。对于系统中的标准元件，只须了解其作用、特点和使用场合就可以了，不必对它的结构和性能细节多所要求。

在本书中，液压伺服系统不作一般液压系统看待，因此只简要地介绍一下它的原理和性能，不谈它的设计问题。静压技术的内容已归入“机械零件设计”和“金属切削机床设计”课程中，这里不再重复。金属切削机床液压传动课程的先修科目是“液压流体力学”和“自动控制理论”，后者已单独设课，本书不再编入这方面的内容；前者虽尚未单独设课，但为了切合教学实际、节省篇幅起见，这里只编入它与本课程内容密切相关的部分。

本书共分十一章。第一章介绍学习机床液压传动的入门知识；第二章介绍液压流体力学（包括油液的性质）；第三至六章介绍常用的液压元件；第七至十一章介绍液压系统。其中“调速回路”和“一般机床液压系统的设计和计算”都各自单独列章，因为前者在金属切削机床的液压系统中占有重要地位，而后者则是全书主要内容的汇合点。全书所用的名词、术语和符号都按国家标准规定，单位采用国际单位制（SI制）。为了提供使用上的方便，书末附有简单的单位换算表。

本书由南京工学院章宏甲同志主编，合肥工业大学周邦俊同志为副主编。参加编写的同志有刘树道、孙家匡、陆一心、张书元、张尚才、张岱山、杨用、陈兆能、陈夏辉、李莉、李瑞林、周邦俊、林廷圻、林信彰、赵景坤、袁子荣、高兆安、唐光伟、钱曼文、黄谊、章宏甲、常增暄、滕金岭、黎宝信共二十四人。西安交通大学林廷圻同志和上海工业大学黄谊同志担任了主审。书中插图由陈天佑同志绘制。

本书在编写过程中曾得到许多单位和兄弟院校的大力支持，许多从事液压技术工作同志的热情帮助，一机部教材编辑室朱骥北同志也给予很多支持和帮助，特此一并表示衷心的感谢。由于我们的水平有限，书中难免有不少缺点和错误，希望广大的读者批评指正。

编 者

一九八〇年二月

目 录

前 言	1
-----	---

第一章 绪论

§ 1—1 机床液压传动系统	1
§ 1—1.1 液压传动系统的工作原理	1
§ 1—1.2 液压系统的组成	4
§ 1—1.3 液压系统图的图形符号	5
§ 1—2 液压传动的优缺点	5
§ 1—3 液压传动在机床上的应用	6

第二章 液压油和液压流体力学基础

§ 2—1 液压油	8
§ 2—1.1 液压油的一般特性	8
一、密度和重度 (8) 二、可压缩性 (9) 三、热学特性 (12) 四、粘性 (13) 五、其它特性 (15)	
§ 2—1.2 液压油的使用特性	16
一、稳定性 (16) 二、抗泡沫性和抗乳化性 (16) 三、防锈性和润滑性 (16) 四、相容性 (16)	
§ 2—1.3 对机床液压系统液压油的要求及其选用	16
一、要求 (16) 二、选用 (17)	
§ 2—2 静止液体力学	17
§ 2—2.1 液体的压力	17
一、液体压力及其性质 (17) 二、重力作用下静止液体中的压力分布 (19) 三、压力的表示方法及单位 (20)	
§ 2—2.2 静止液体内压力的传递	21
§ 2—2.3 液体静压力作用在固体壁面上的力	21
§ 2—3 流动液体力学	22

§ 2—3.1 液体流动中的一些基本概念	22
一、理想液体、恒定流动和一维流动 (22) 二、迹线、流线、流束和通流截面 (22) 三、流量和平均流速 (23) 四、液体的动压力 (24)	
§ 2—3.2 流动液体的质量守恒定律——连续性方程式	24
§ 2—3.3 流动液体的能量守恒定律——伯努利方程式	24
一、液体的运动微分方程式 (25) 二、理想液体的伯努利方程式 (25) 三、实际液体流动的伯努利方程式 (26)	
§ 2—3.4 流动液体的动量定律——动量方程式	28
§ 2—4 液体在管道中的流动	30
§ 2—4.1 液体的流动状态	30
一、层流和紊流 (30) 二、雷诺数 (31) 三、非圆管道截面雷诺数的计算式、水力半径和湿周 (32)	
§ 2—4.2 液体在圆管中的层流流动	33
一、通流截面上流速的分布规律 (33) 二、流量 (33) 三、平均流速 (33) 四、沿程能量损失 (34) 五、进口起始段的流动 (34)	
§ 2—4.3 液体在圆管中的紊流流动	35
一、流通截面上流速的分布规律 (35) 二、沿程能量损失 (36)	
§ 2—4.4 局部能量损失	37
§ 2—4.5 管路系统总能量损失	40
§ 2—4.6 圆管中液流的动态特性	41
§ 2—5 孔口及缝隙中液流的特性	43
§ 2—5.1 孔口的流量-压力特性	43
一、薄壁小孔 (43) 二、短孔 (45) 三、细长孔 (45)	

四、圆柱滑阀阀口 (46)

五、锥阀阀口 (47)

§ 2—5.2 缝隙的流量-压力特性 47

一、平行平板缝隙 (47)

二、同心环形缝隙 (49)

三、偏心环形缝隙 (49)

四、倾斜平板缝隙 (50)

§ 2—6 液压冲击和空穴现象 52

§ 2—6.1 液压冲击 52

一、液流突然停止运动时的液压冲击 (53) 二、运动部件制动时产生的液压冲击 (54)

§ 2—6.2 空穴现象 54

习 题 55

第 三 章 液压泵和液压马达

§ 3—1 概述 60

§ 3—1.1 液压泵和液压马达的工作原理 60

§ 3—1.2 液压泵和液压马达的分类 61

§ 3—1.3 液压泵和液压马达的工作压力、排量和流量 61

一、液压泵(液压马达)的工作压力和额定压力 (61) 二、液压泵(液压马达)的排量和流量 (61)

§ 3—1.4 液压泵和液压马达的功率和效率 62

一、液压泵的功率和效率 (62) 二、液压马达的功率和效率 (63)

§ 3—1.5 对液压泵和液压马达的要求 64

§ 3—2 齿轮泵 64

§ 3—2.1 外啮合齿轮泵 64

一、工作原理 (64) 二、排量计算和流量脉动 (65) 三、困油现象 (65) 四、泄漏问题 (66) 五、径向受力平衡问题 (66) 六、优缺点和用途 (66)

§ 3—2.2 内啮合齿轮泵 67

§ 3—3 叶片泵 67

§ 3—3.1 叶片泵的工作原理及其流量计算 68

一、工作原理 (68) 二、排量和流量计算 (69) 三、流量脉动 (70)

§ 3—3.2 定量叶片泵的结构和特点 72

一、典型结构 (72) 二、定子曲线 (72) 三、困油问题 (73) 四、配油盘上的三角槽 (73)

§ 3—3.3 定量叶片泵的静动态特性 73

一、静态特性 (73) 二、动态特性 (73)

§ 3—3.4 限压式变量叶片泵的工作原理、结构和特性 76

一、工作原理 (76) 二、典型结构 (78) 三、优缺点和用途 (78)

§ 3—3.5 限压式变量叶片泵的静动态特性 78

一、静态特性 (78) 二、动态特性 (80)

§ 3—3.6 其它形式的变量叶片泵 82

一、内反馈限压式变量叶片泵 (82) 二、稳流量式变量叶片泵 (82)

§ 3—4 柱塞泵 83

§ 3—4.1 柱塞泵的工作原理 83

一、径向柱塞泵的工作原理 (83) 二、轴向柱塞泵的工作原理 (83)

§ 3—4.2 轴向柱塞泵的结构和特点 84

一、典型结构和主要性能 (84) 二、流量计算和流量脉动 (84)

§ 3—5 其它形式的液压泵 87

§ 3—5.1 螺杆泵 87

§ 3—5.2 凸轮转子式叶片泵 87

§ 3—6 液压泵的选用 88

§ 3—7 液压马达 89

§ 3—7.1 液压马达的工作原理和典型结构 89

§ 3—7.2 液压马达的转矩和转速 90

§ 3—7.3 液压马达的动态特性 92

习 题 96

第四章 液压缸

§ 4—1	液压缸的类型及其特点	97
§ 4—1.1	活塞缸	97
	一、双杆活塞缸 (97) 二、单杆活塞缸 (98)	
§ 4—1.2	柱塞缸	100
§ 4—1.3	摆动缸	101
§ 4—1.4	其他液压缸	102
	一、增压缸 (102) 二、增压缸 (103) 三、伸缩缸 (103) 四、齿条液压缸 (103)	
§ 4—2	液压缸的典型结构及其组成	104
§ 4—2.1	典型液压缸结构举例	104
§ 4—2.2	液压缸的组成部分	106
	一、缸筒组件 (106) 二、活塞组件 (106) 三、密封装置 (107) 四、缓冲装置 (109) 五、排气装置 (110)	
§ 4—3	液压缸的静动态特性	111
§ 4—3.1	静态特性	111
§ 4—3.2	动态特性	112
	一、概述 (112) 二、动态特性分析 (112)	
§ 4—4	液压缸的设计和计算	115
§ 4—4.1	液压缸设计中要注意的几个问题	115
§ 4—4.2	液压缸的基本计算	115
	一、缸筒内径、活塞杆直径和缸筒长度的确定 (115) 二、缸筒壁厚的校核 (116) 三、活塞杆的计算 (116) 四、缸筒联接的验算 (118)	
§ 4—4.3	液压缸的缓冲计算	119
	一、冲击压力的估计 (119) 二、液压缸强度的校核 (119)	
习 题		120

第五章 液压阀

§ 5—1	概述	121
§ 5—1.1	液压阀的分类	121

§ 5—1.2	对液压阀的基本要求	121
§ 5—2	方向控制阀	122
§ 5—2.1	单向阀	122
	一、普通单向阀 (122) 二、液控单向阀 (122)	
§ 5—2.2	换向阀	123
	一、典型结构和工作原理 (123) 二、性能和特点 (128)	
§ 5—3	压力控制阀	132
§ 5—3.1	溢流阀	133
	一、典型结构和工作原理 (133) 二、静态特性 (134) 三、动态特性 (136) 四、溢流阀在液压系统中的应用 (140)	
§ 5—3.2	减压阀	140
	一、典型结构和工作原理 (140) 二、性能和特点 (141) 三、减压阀在液压系统中的应用 (142)	
§ 5—3.3	顺序阀和压力继电器	142
	一、顺序阀 (142) 二、压力继电器 (142)	
§ 5—4	流量控制阀	143
§ 5—4.1	普通节流阀	143
	一、结构和工作原理 (143) 二、静态特性 (143) 三、动态特性 (146) 四、节流阀在液压系统中的应用 (147)	
§ 5—4.2	调速阀	147
	一、结构和工作原理 (147) 二、静态特性 (148) 三、动态特性 (150) 四、调速阀在液压系统中的应用 (150)	
§ 5—4.3	其他类型的流量控制阀	150
	一、温度补偿调速阀 (150) 二、溢流节流阀 (150) 三、计量阀 (151)	
§ 5—5	比例阀和逻辑阀	152
§ 5—5.1	比例阀	152
	一、电磁比例压力阀 (152) 二、电磁比例流量阀 (153) 三、电磁比例换向阀 (154)	
§ 5—5.2	逻辑阀	155
习 题		155

第六章 辅助装置

§ 6—1	蓄能器	157
§ 6—1.1	蓄能器的功用和分类	157
	一、功用(157) 二、类型(157)	
§ 6—1.2	蓄能器容量计算	159
	一、储存能量时的容量计算(159)	
	二、吸收回路冲击压力时的容量计算(160)	
	三、吸收液压泵压力脉动时的容量计算(160)	
§ 6—1.3	蓄能器的使用 and 安装	163
§ 6—2	滤油器	163
§ 6—2.1	液压油的污染和过滤	163
	一、污染的成因(164) 二、污染度的测定和污染等级(164)	
	三、过滤精度(165)	
§ 6—2.2	滤油器的典型结构	165
	一、各种型式的滤油器及其特点(165)	
	二、滤油器上的堵塞指示装置(167)	
§ 6—2.3	滤油器的选用和安装	167
	一、滤油器的选用(167) 二、滤油器的安装位置(168)	
§ 6—3	油箱	169
§ 6—3.1	油箱的作用和典型结构	169
§ 6—3.2	油箱设计中的几个问题	169
§ 6—4	热交换器	171
§ 6—4.1	热交换器在液压系统中的作用	171
§ 6—4.2	热交换器的结构和选用	171
	一、冷却器(171) 二、加热器(172)	
§ 6—5	密封装置	172
§ 6—5.1	密封装置的功用和要求	172
§ 6—5.2	密封装置的种类和特点	173
§ 6—6	管系元件	174
§ 6—6.1	油管的选用和计算	174
	一、各种油管的选用(174) 二、油管的计算(175)	
§ 6—6.2	管接头	175
习 题		177

第七章 基本回路(一)——调速回路

§ 7—1	概述	178
§ 7—2	节流调速回路	179
§ 7—2.1	采用节流阀的节流调速回路	179
	一、进口节流调速回路(179)	
	二、出口节流调速回路(185)	
	三、旁路节流调速回路(188)	
§ 7—2.2	采用调速阀的节流调速回路	190
	一、采用普通调速阀的三种节流调速回路(190)	
	二、采用溢流节流阀的进口节流调速回路(194)	
§ 7—3	节流调速回路的动态分析	195
§ 7—3.1	概述	195
§ 7—3.2	进口节流调速回路的动态分析	195
	一、分析步骤(195) 二、液压回路传递函数的推导(196)	
	三、“机-液组合”传递函数的推导(200)	
	四、“机-液组合”的动态分析(202)	
§ 7—3.3	其它节流调速回路的动态特性概述	204
§ 7—4	容积调速回路	204
§ 7—4.1	变量泵和液压缸的容积调速回路	204
§ 7—4.2	液压泵和液压马达的容积调速回路	206
	一、变量泵与定量马达的容积调速回路(206)	
	二、定量泵与变量马达的容积调速回路(208)	
	三、变量泵与变量马达的容积调速回路(209)	
§ 7—4.3	容积调速回路的动态特性	211
§ 7—5	容积节流调速回路	213
§ 7—5.1	限压式变量泵和调速阀的调速回路	214
§ 7—5.2	差压式变量泵和节流阀的调速回路	215
§ 7—6	采用计量阀的调速回路	216
习 题		217

第八章 基本回路(二)——

其它回路

- § 8—1 快速运动回路和速度换接回路..... 218
 - § 8—1.1 快速运动回路..... 218
 - 一、差动连接回路(218) 二、用增速液压缸的快速运动回路(218) 三、用蓄能器的快速运动回路(219) 四、用双泵供油的快速运动回路(219)
 - § 8—1.2 速度换接回路..... 220
 - 一、快速运动和工作进给运动的换接回路(221) 二、两种工作进给速度的换接回路(222)
- § 8—2 压力控制回路..... 223
 - § 8—2.1 调压回路..... 223
 - 一、采用多个溢流阀的调压回路(223) 二、采用电液比例溢流阀的调压回路(224)
 - § 8—2.2 卸荷回路..... 224
 - 一、采用三位换向阀的卸荷回路(224) 二、采用三位二通阀的卸荷回路(225) 三、用先导型溢流阀的卸荷回路(225) 四、用特殊结构液压缸的卸荷回路(226)
 - § 8—2.3 保压回路..... 226
 - 一、使用蓄能器的保压回路(226) 二、自动补油的保压回路(227)
 - § 8—2.4 减压回路..... 227
 - 一、单级减压回路(227) 二、多级减压回路(228)
 - § 8—2.5 增压回路..... 228
 - § 8—2.6 平衡回路..... 228
 - 一、采用单向顺序阀的平衡回路(229) 二、采用液控单向阀的平衡回路(229)
- § 8—3 多缸工作控制回路..... 230
 - § 8—3.1 顺序动作回路..... 230
 - 一、行程控制式顺序动作回路(230) 二、压力控制式顺序动作回路(231) 三、时间控制式顺序动作回路(232)

- § 8—3.2 同步回路..... 233
 - 一、容积控制式同步回路(233)
 - 二、流量控制式同步回路(235)
 - 三、伺服控制式同步回路(239)
- § 8—3.3 多缸快慢速互不干涉回路..... 240

习 题..... 242

第九章 金属切削机床上的典型液压传动系统

- § 9—1 组合机床动力滑台液压系统..... 243
 - 一、机床概述(243) 二、YT4543型动力滑台液压系统的工作原理(243) 三、YT4543型动力滑台液压系统的特点(245)
- § 9—2 CB3463—1型半自动转塔车床的液压系统..... 247
 - 一、机床概述(247) 二、液压系统的工作原理(248) 三、液压系统的特点(255)
- § 9—3 M1432A型万能外圆磨床的液压系统..... 256
 - 一、机床概述(256) 二、液压系统的工作原理(256) 三、液压系统中的换向机构及其性能(259) 四、液压系统的特点(261)
- § 9—4 M7120A型平面磨床的液压系统..... 262
 - 一、机床概述(262) 二、液压系统的工作原理(262) 三、液压系统的特点(265)
- § 9—5 BF1010型液压单臂仿形刨床的液压系统..... 266
 - 一、机床概述(266) 二、液压系统的工作原理(266) 三、主运动系统的特点(268)
- § 9—6 VDF48LK型普通车床上主传动液压系统..... 270
 - 一、主传动系统及其基本性能(270) 二、液压系统的工作原理(271) 三、液压系统的主要特点(272)

习 题	274
第 十 章 机床液压系统的设计与计算	
§ 10—1 机床液压系统的设计步骤	275
§ 10—2 液压系统的设计要求	275
§ 10—3 液压系统性能与参数的初步确定	276
§ 10—3.1 工况分析和负载图的编制	276
一、液压缸的负载分析 (276)	
二、液压缸负载图的编制 (277)	
§ 10—3.2 液压系统参数的初步确定	278
§ 10—4 液压系统图的拟订	284
§ 10—4.1 液压回路的选择	284
§ 10—4.2 液压系统的合成	286
§ 10—5 液压元件的计算和选择	288
§ 10—5.1 确定液压泵的容量及其驱动电机的功率	288
一、计算液压泵的工作压力 (288)	
二、计算液压泵的流量 (289)	
三、选择液压泵的规格 (289)	
四、确定驱动电机的功率 (289)	
§ 10—5.2 确定其它元件的规格	290
一、选择控制阀 (290)	
二、确定管路尺寸 (290)	
三、确定油箱容量 (290)	
§ 10—6 液压系统性能的估算	291
§ 10—6.1 静态特性的估算	292
§ 10—6.2 动态特性的估算	297
§ 10—6.3 发热估算	297
§ 10—6.4 液压冲击估算	298
§ 10—6.5 换向精度估算	299
§ 10—6.6 工作可靠度的估算	299
§ 10—7 液压装置的设计	306
§ 10—7.1 液压装置的结构设计	306
一、液压装置结构形式的选择 (306)	
二、液压元件的配置形式 (307)	
三、管道连接方法 (308)	
§ 10—7.2 液压装置结构设计及使用中的注意事项	308
一、液压装置布局 (308)	
二、液压油的污染控制 (308)	
三、液压装	

置的振动、噪声及其防止 (309)	
习 题	310
第 十 一 章 液压伺服装置	
§ 11—1 概述	312
§ 11—1.1 液压伺服系统的工作原理	312
§ 11—1.2 液压伺服系统的特点及其组成	313
§ 11—1.3 液压伺服系统的分类	314
§ 11—2 液压伺服系统的基本类型	315
§ 11—2.1 阀控缸式液压伺服系统	315
一、滑阀式液压伺服系统 (315)	
二、射流管式液压伺服系统 (316)	
三、喷嘴-挡板式液压伺服系统 (316)	
§ 11—2.2 阀控马达式液压伺服系统	317
§ 11—2.3 泵控马达式液压伺服系统	318
§ 11—3 液压伺服阀和机液伺服系统	319
§ 11—3.1 液压伺服阀	319
一、伺服阀的流量-压力特性 (320)	
二、伺服阀的特性系数 (321)	
三、伺服阀的动态特性 (324)	
§ 11—3.2 机液伺服系统	325
一、传递函数和方块图 (325)	
二、稳定性 (328)	
三、静态误差 (329)	
§ 11—4 电液伺服阀和电液伺服系统	331
§ 11—4.1 电液伺服阀	331
一、结构、工作原理和类型 (331)	
二、性能和特点 (333)	
§ 11—4.2 电液伺服系统	336
一、典型结构和工作原理 (336)	
二、传递函数 (336)	
三、结构谐振问题 (337)	
习 题	338
结 束 语	339
附录一 主要参考文献	341
附录二 本书主要符号一览表	342
附录三 SI制单位和单位换算表	344

第一章 绪 论

液压传动相对于机械传动来说，是一门新兴的技术，由于它具有许多突出的优点，二十年来被广泛应用在机械制造、工程建设、石油化工、交通运输、军事器械、矿山、冶金、航空、航海、轻工、农机、渔业、林业等各个方面，也被应用在宇宙航行、海洋开发、核能建设、地震预测等新的技术领域。

机床上采用液压传动，如果从十九世纪末德国制造液压龙门刨床，美国制造液压六角车床、液压磨床算起，已有近百年历史。当时由于没有成熟的液压元件，因而液压传动并没有得到普遍的应用。本世纪三十年代，各类机床（如车、铣、磨、钻、镗、拉等机床）都开始采用液压传动，但数量还不多，直到第二次世界大战后，应用才逐渐普遍起来。今天，机床液压仿形装置、液压自动化机床及其自动线等已大量出现，液压传动在高效率的自动半自动机床、组合机床、程控机床和数控机床等机床上已成为重要的组成部分。有些国家采用液压的机床类别（按品种计）已高达70%以上。

§ 1—1 机床液压传动系统

§ 1—1.1 液压传动系统的工作原理

机床上应用液压传动的地方很多，具体的液压传动结构也比较复杂，下面介绍一个简化了的磨床工作台液压传动系统，用以概括地说明机床液压传动的工作原理。

图 1—1 示一个磨床工作台液压系统的外形简图，图 1—2 为其工作原理图。由图可见：液压系统由油箱 1、滤油器 2、液压泵 4、溢流阀 8、开停阀 11、节流阀 13、换向阀 15、液压缸 19 等元件，以及连接这些元件的油管 3、5、9、10、12、14、18、27、29、和 30 等组成。液压泵 4 由电动机带动旋转，从油箱 1 中吸油。油液经滤油器 2 通过油管 3 进入液压泵后，被输送到油管 10，在图 1—2 (a) 所示的状态下，它流经开停阀 11、油管 12、节流阀 13、油管 14、换向阀 15、油管 18 进入液压缸 19 的左腔，推动活塞 25、活塞杆 26、以及和活塞杆相连的工作台 20（连同装夹在工作台上的工件 23）一起向右移动。这时，液压缸右腔的油液从油管 27、换向阀 15、油管 29 排回油箱。这样就实现了用液压来驱动机床部件的运动。

工作台的侧面装有挡块 21 和 24，当工作台向右移动到其左挡块 21 碰着换向杆 17 时，换向杆 17 绕其支点 16 顺时针方向转动，拨动换向阀阀芯 28，使之移向左位，成为图 1—2 (b) 所示的状态。这时，从油管 14 输来的压力油经换向阀 15 后，由油管 27 进入液压缸的右腔，推动工作台等向左运动，并使液压缸左腔的油液由油管 18、换向阀 15、油管 29 排回油箱。此后，当工作台向左移动到其右挡块 24 碰着换向杆 17，使它逆时针方向转动而使阀芯 28 移向右位，

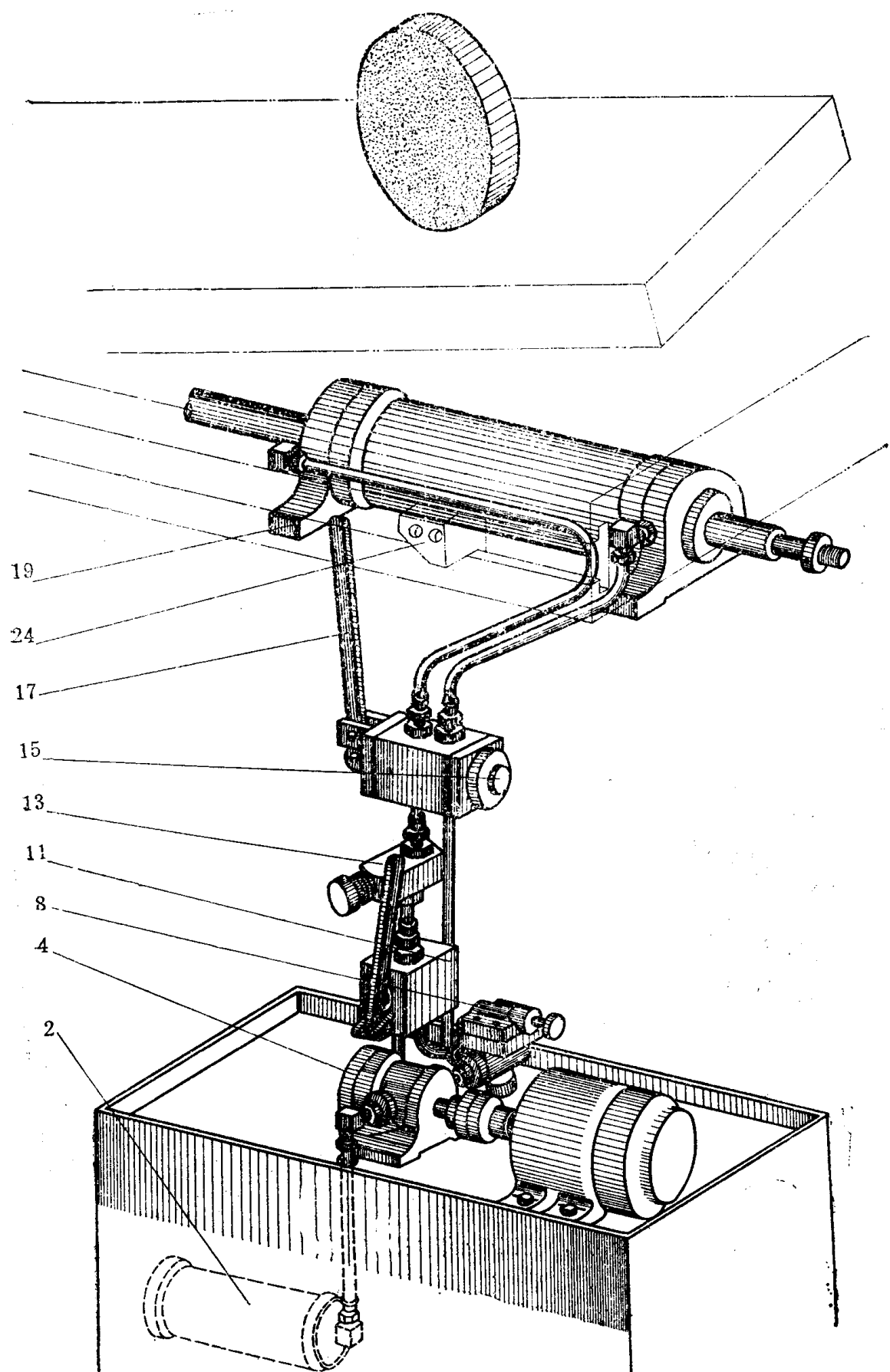


图1—1 磨床工作台液压系统外形简图

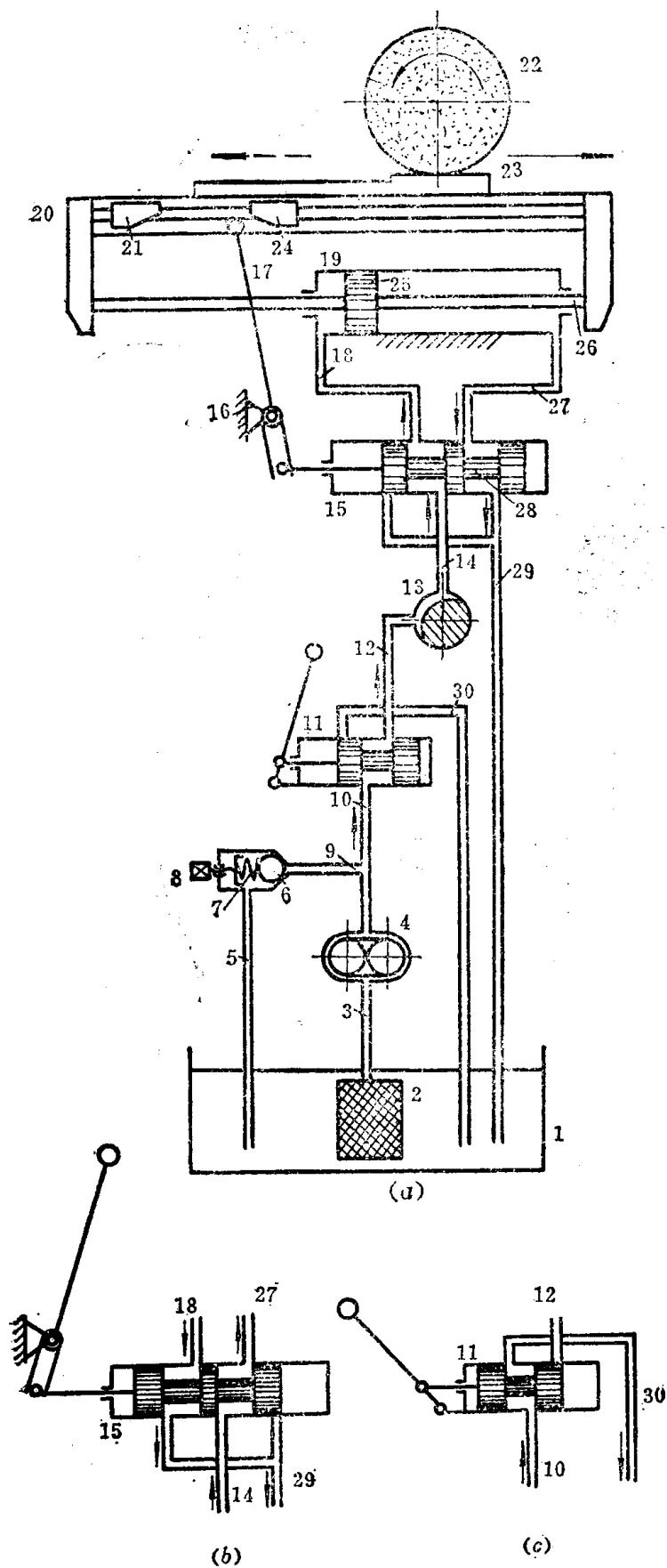


图1-2 磨床工作台液压系统工作原理图(半结构图)

回复到图 1—2 (a) 的状态时, 工作台又向右移动。如此循环往复, 工作台不停地左右移动, 磨削加工就可以持续地进行下去。

工作台移动速度的快慢是通过节流阀 13 来调节的。节流阀象个自来水龙头, 可以开大, 也可以关小。当它开大时, 通入液压缸的油液增多, 工作台移动速度就加快; 当它关小时, 移动速度就减慢。

工作台移动时, 为了克服导轨的磨擦力、砂轮 22 和工件 23 间的切削力等, 液压缸需要有一个足够大的推力; 这个推力是由油液压力产生的 (油液的压力越大, 工作台受到的推力亦越大)。另外, 液压泵输出的油液除了通过油管 10 输向液压缸外, 还通过油管 9 进入溢流阀 8。当油液的压力升高到稍稍超过溢流阀中弹簧 7 的调定压力时, 钢球 6 被顶开, 油液经油管 5 排回油箱, 这时油液的压力不再升高, 维持定值。在这里, 溢流阀在控制油液压力的同时, 还起着把液压泵输出的多余油液排回油箱的作用。

当需要短期停止工作台运动时 (例如在装卸工件或测量尺寸时), 可以拨动开停阀 11 的操纵手柄, 使其阀芯处于左位, 如图 1—2 (c) 的状态。这时, 液压泵输出的油液由油管 10、开停阀 11、油管 30 直接排回油箱, 不再输到液压缸中去, 工作台就停止运动。

液压系统中的滤油器 2 的作用是滤去油中污杂物质, 保证油液清洁, 使系统工作正常。

从上面这个简单的液压传动系统例子中, 可以看到:

1) 液压传动是依靠运动着的液体的压力能来传递动力的; 它与依靠液体动能来传递动力的“液力传动”(例如: 水轮机、液力变矩器等) 不同, 后者在机床上是不用的, 本书不作介绍。

2) 液压传动系统工作时, 液压泵先把电动机传来的机械能转变成油液的压力能; 油液在被输送入液压缸后, 又通过液压缸把油液的压力能转变成驱动工作台运动的机械能。

3) 液压传动系统中的油液是在受调节、控制的状态下进行工作的, 液压传动和液压控制常常是难以截然分割的。

4) 液压传动系统必须满足它所驱动的机床部件 (在上例中是工作台) 在力和速度方面提出的要求。

§ 1—1.2 液压系统的组成

从上面的例子可以看出, 液压传动系统的主要组成部分, 有以下四个方面:

1) 能源装置 它是把机械能转换成油液液压能的装置, 一般最常见的形式就是液压泵, 它给液压系统提供压力油, 使整个系统能够动作起来。

2) 执行装置 它是把油液的液压能转换成机械能的装置, 在上例中, 它是作直线运动的液压缸, 在别的情况下, 也可以是作回转运动的液压马达等。

3) 控制调节装置 它们是控制液压系统中油液的压力、流量和流动方向的装置, 在上例中, 是开停阀、溢流阀、节流阀、换向阀等液压元件的总称。这些元件是保证系统正常工作必不可少的组成部分。

4) 辅助装置 它们是除上述三项以外的其它装置, 如上例中的油箱、滤油器、油管等。它们对保证液压系统可靠、稳定、持久地工作, 有重大作用。

以上四个部分将在下面依次分章介绍。

§ 1—1.3 液压系统图的图形符号

图 1—1 所示的液压系统图绘制起来十分费事，它只能供一般地了解外形结构、组装和维护之用。当要求了解系统的工作原理时，必须使用图 1—2 那样的系统图。这是一幅半结构式的工作原理图，直观性强，容易理解，但绘制起来还是比较麻烦，特别是液压元件数量较多时更是如此。为了适应液压技术的迅速发展，我国已制订了一套液压及气动图形符号（国标 GB786—76），可以方便而清晰地表达各种类型的液压系统，图 1—3 即为用这套符号绘制出来的上述磨床工作台的液压系统。由于符号表示的是元件的职能而不是它的结构，因此图面显得特别简洁。有些液压元件的职能如果无法用这些符号来表示时，仍可以采用其结构示意图。

§ 1—2 液压传动的优缺点

液压传动与机械传动、电力传动、气压传动相比，有下列一些优点：

1) 液压传动装置能在运行过程中进行无级调速，调速方便且调速的范围比较大，达 100 : 1 至 2000 : 1。

2) 在同等功率的情况下，液压传动装置的体积小，重量轻，惯性小，结构紧凑（如液压马达的重量只有同功率电动机重量的 10~20%），而且能传递较大的力或转矩。

3) 液压传动装置工作比较平稳，反应快，冲击小，能高速启动、制动和换向。液压传动装置的换向频率，回转运动每分钟可达 500 次，往复直线运动每分钟可达 400~1000 次。

4) 液压传动装置的控制、调节比较简单，操纵比较方便、省力，易于实现自动化。当与电气控制配合使用时，更能实现复杂的顺序动作和远程控制。

5) 液压传动装置易于实现过载保护。由于采用油液作为工作介质，液压传动装置能自行润滑，故使用寿命较长。

6) 液压传动装置由于其元件实现了系列化、标准化、通用化，故易于设计、制造和推广使用。

7) 液压传动装置能很简易地实现直线运动和回转运动，液压元件的排列和布置也具有很大的机动灵活性。

8) 在液压传动装置中，由于功率损失等原因所产生的热量可由流动着的油液带走，因此，可以避免在系统某些局部部位产生过度温升的现象。

液压传动的主要缺点为：

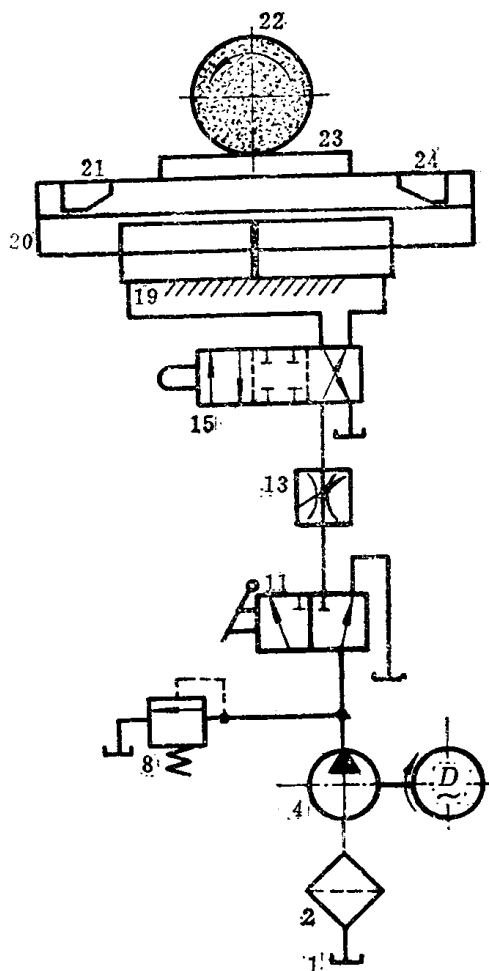


图1—3 磨床工作台液压作系统工作原理图(职能符号图)

1) 液压传动装置以液体为工作介质, 无法避免泄漏。液体的泄漏和液体的可压缩性使液压传动无法保证严格的传动比。

2) 液压传动装置由于在能量转换及传递过程中存在着机械摩擦损失、压力损失和泄漏损失而总效率降低, 不宜作远距离传动。

3) 液压传动装置对油温和负载的变化都比较敏感, 不宜在低温及高温条件下工作。液压传动装置对油液的污染亦比较敏感, 要求有良好的过滤设施。

4) 液压传动装置要求有单独的能源(例如, 液压泵站), 液压能不能象电能那样从远处送来。液压元件制造精度要求高, 造价贵, 须组织专业生产。

5) 液压传动装置出现故障时不易追查原因, 不易迅速排除。

总的说来, 液压传动的优点较多、其缺点则随着生产技术的发展正在逐步加以克服, 因此液压传动在现代化的生产中有着广阔的发展前途。

§ 1 — 3 液压传动在机床上的应用

液压传动由于优点很多, 在国民经济的各个部门中都得到了广泛的应用, 但是各部门应用液压传动的出发点不尽相同: 例如, 工程机械、压力机械采用液压传动的主要原因是取其结构简单, 输出力量大; 航空工业采用液压传动的主要原因是取其重量轻, 体积小; 等等。在机床中, 采用液压传动的主要原因则是取其在工作过程中能无级变速, 易于实现自动化, 能实现换向频繁的往复运动等优点。为此, 液压传动常用在机床的如下一些装置中:

1. 进给运动传动装置

这项应用在机床上最为广泛, 磨床的砂轮架, 车床、六角车床、自动车床的刀架或转塔刀架, 磨床、钻床、铣床、刨床的工作台或主轴箱, 组合机床的动力头或滑台等, 都可采用液压传动。这些部件有的要求快速移动, 有的要求慢速移动(最慢的可达 2 mm/min 左右), 有的则快速慢速移动都有要求。这些部件的运动多半要求有较大的调速范围, 要求在工作中无级调速; 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仍能保持恒定, 有的要求有良好的换向性能等等; 所有这些, 采用液压传动是最合适的。

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, 都可以采用液压传动来实现其所需的高速往复运动, 前者的速度可达 $60\sim 90\text{ m/min}$, 后两者可达 $30\sim 50\text{ m/min}$ 。这些情况下采用液压传动, 在减少换向冲击、降低能量消耗、缩短换向时间等方面都很有利。

3. 回转主体运动传动装置

车床主轴可以采用液压传动来实现无级变速的回转主体运动, 但是这一应用目前还很不普遍。

4. 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实现, 其精度最高可达 $0.01\sim 0.02\text{ mm}$ 。此外, 磨床上的成形砂轮修正装置和标准丝杆校正装置亦可采用这种系统。

5. 辅助装置

机床上的夹紧装置、变速操纵装置、丝杠螺母间隙消除装置, 垂直移动部件的平衡装