

锻压机械液压传动的 设计基础

唐英千 编



机械工业出版社

锻压机械液压传动的设计基础

唐英千 编

机械工业出版社

本书从锻压机械液压传动系统设计角度出发,叙述了以矿物油为介质的液压传动基本原理、液压元件和辅件的结构与性能、基本液压回路以及液压系统的一般设计计算方法,重点是系统工作压力为 200~320 公斤力/厘米² 的高压液压传动。列举了设计常用的一些标准、图表、数据及典型的液压回路和系统图。

本书可供从事锻压机械液压传动装置的设计、改装、使用和维修的广大技术人员、工人以及有关专业的师生参考,也可供冶金、轧钢、铸造、机床等其他行业从事高压液压传动工作的同志参考。

锻压机械液压传动的设计基础

唐英千 编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)
(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32·印张 10 1/8·字数 269 千字
1980 年 8 月北京第一版·1980 年 8 月北京第一次印刷

印数 00,001—13,800·定价 1.25 元

*

统一书号: 15033·4590

前 言

随着我国社会主义建设事业的不断发展,对于实现少无切削工艺的锻压机械的要求逐年提高。由于液压传动的特点,新的锻压设备日益广泛地采用液压传动。与一般的液压传动不同,锻压机械的液压传动的基本特点是压力高、流量大、功率大,因此无论是液压元件和辅件还是液压系统的设计都与一般的液压系统存在着较大的区别。为了配合技术革命和技术革新群众运动的蓬勃发展,及时交流和总结经验,现将在《锻压机械》期刊上发表的《锻压机械液压传动的设计基础》专题讲座加以整理、修改和补充,汇编成书。目的是希望能通过对各种高压液压元件和辅件的结构、工作原理和特点的分析比较,以及通过简单的计算方法,能使读者初步掌握高压液压传动的基本知识,并且能设计一般的高压液压系统。

本书主要是介绍液压传动系统的设计。使用方便,也列举了一些有关的常用标准和图表。同时,考虑到液压技术最近的发展情况,着重增加了锥阀式液压阀及锥阀控制集成系统的内容,这是目前液压技术领域里的一项比较先进的正在发展的新技术。由于时间仓促和资料不足,有些地方还未来得及修订。

由于作者水平有限,书中难免有不少缺点和错误,热诚地欢迎读者批评和指正。

编 者

目 次

第一章 概论	1
一、液压传动在锻压机械中的应用概况及主要优点	1
二、锻压机械液压传动的特点	2
三、液压传动的基本结构与图形符号	3
第二章 工作介质——液压用油的性能与要求	8
一、对工作介质的基本要求	8
二、液压用油的性能	8
三、锻压机械常用的液压用油	15
四、液压用油的合理使用与维护	15
第三章 液压发生机构——油泵	19
一、油泵的基本类型及其性能特点	19
二、锻压机械液压传动系统常用的油泵类型	23
三、几种国产油泵的结构与性能	27
四、油泵的合理使用与维护	55
第四章 液压控制机构——液压阀	56
一、方向控制阀	56
二、压力控制阀	78
三、流量控制阀	90
四、锥阀式液压阀	97
第五章 液压执行机构——油缸	117
一、油缸的结构与固定形式	117
二、主要零件的设计计算	127
三、密封装置的结构与设计	137
四、液体工作压力的选择	164
第六章 管道与辅助装置	167
一、管道与管接头	167
二、油箱	180

IV

三、蓄能器	186
四、增压器	193
五、滤油器	197
六、液压系统的连接形式	202
第七章 液压系统的设计	210
一、开式系统与闭式系统	210
二、基本液压回路	213
三、锻压机械液压系统图例	284
第八章 液压系统的基本计算	308

第一章 概 论

一、液压传动在锻压机械中的应用概况及主要优点

液压传动在锻压机械方面的应用是有悠久历史的。很早以前人们就知道利用水压机的巨大压力进行锻造、冲压和压制等各种工作。现在,随着液压技术的飞速发展,采用液压传动的锻压机械与日俱增。几乎各类锻压机械均有采用,完成各种各样的工作,诸如自由锻、模锻、型材挤压、板料冲压、滚压、弯曲、校正、打包、粉末压制、零件挤压、模膛挤压、塑料压制、精密冲裁、剪切等等。目前,已发展了数百种通用的和专用的液压机,在机器的能力、生产率、工件精度和自动化程度等方面都有了很大的提高。在这些设备中,除了各种传统的液压机外,可以看到许多过去是其他传动型的设备而现在采用液压传动的例子,如各种液压锤、液压螺旋压力机、液压剪板机、液压折板机等等。长期来一直是机械压力机来完成薄板冲压,现在也出现了单动、双动和三动的薄板冲压液压机。另外,还出现了直接用液压来成形的独特方法,如薄板冲压的液体成形、管类零件的液压胀形、型材的静液挤压和粉末冶金等的等静压制等等。除了用作主传动外,液压还广泛地用来完成各种辅助工作,如机械压力机的过载保护、高速锤的液压提升、精锻机的锤头进给、液压垫等等。

为什么液压传动能够在锻压机械中取得这样越来越广泛的应用,这是因为液压传动的特性与锻压工艺和设备的发展要求相适应。其主要特点有:

(1) 容易得到高压。因而液压传动是重型压力机的最主要的传动形式,吨位越大越有利,万吨以上的巨型压力机则全是液压传动的了。

(2) 在全行程任意位置都可以得到全压力,而且加长行程方

便。因此,对要求工作行程长的工作特别有利,如深拉伸、型材挤压等。

(3) 行程长度可以调整,任何位置可以换向。因此,模具调整方便,对批量不大,经常需要更换模具的中、小批生产很有利。机器的空行程可尽量减少,以提高行程次数(生产率)并减少能量消耗。

(4) 压力调整方便可靠,机器和模具的超载安全保护好,使用寿命长。因而也有可能采用轻型结构的模具或塑料模等,以降低成本。此外,压力还可以在行程中按要求改变,如深拉伸时压边力可随拉伸行程而变化。

(5) 可以长期或短期保压。对于某些工艺,例如压制类型的工艺来说,保压往往是必不可少的,对于冲压、校准等工艺来说,短时保压可减少回弹,提高工件精度。而机械传动要保压是较困难的。

(6) 速度调整方便。空程和回程可以用高速,以提高生产率。而工作速度可以按照工艺要求来调整,既可以在整个工作行程中保持均匀的速度,也可以按照要求变化。并且,可在高空程速度转到工作行程速度前进行制动,达到合模没有冲击,提高工件质量和模具寿命。

(7) 液压传动结构简单,标准化、系列化、通用化程度高,变型方便,便于自制等。

二、锻压机械液压传动的特点

锻压机械液压传动有如下几个特点:

(1) 主要用于主传动系统。这就是各种液压机,要求传动功率大,一般为几十到几百千瓦。

(2) 工作压力高。一般金属切削机床的液压传动用低压或中压,工作压力在 65 公斤力/厘米² 以下;工程机械等一般在 200 公斤力/厘米² 以下;而液压机则一般用高压,在 200~320 公斤力/厘米²,有时还采用超高压,例如人造金刚石液压机用 1500 公斤力/厘米²。

(3) 流量大。要提高生产率, 往往要求滑块速度高, 加上机器活塞直径大, 所以要求的流量也大, 一直到几千升/分。

(4) 因为传动功率很大, 所以液压传动系统的效率必须提高, 以节省功率和减少系统发热。

(5) 压力、速度和行程均可调节, 其必要性上面已谈到。

三、液压传动的基本结构与图形符号

图 1 所示为简单的液压传动系统图。

泵 1 通过过滤器 6 从油箱 5 中吸入工作液体, 然后压出, 通过管道到阀 2, 并经阀 2 中间的通路排回油箱, 这时泵空转。缸 4 的上下腔都是封闭的, 所以活塞不动。当阀 2 手柄向左推, 阀内的通路情况如右方框所示, 于是泵 1 压出的液体经阀 2 压入缸 4 的上端, 推动活

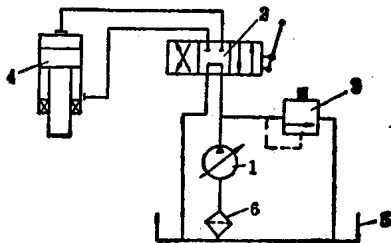


图 1 简单的液压传动系统图

塞向下运动。而这时缸下腔的液体通过阀 2 被排回油箱。阀 3 是溢流阀, 它可以调整和限制液体的最大工作压力, 也就是活塞的最大推力。当压力超过调整值时, 工作液体便通过阀 3 流回油箱。活塞的运动速度是靠改变泵的輸出流量来调节的。当活塞移到最下端完成工作行程后, 将手柄拉向右端, 则按阀 2 左方框图所示的通路情况, 工作液体被导入缸 4 的下腔, 而上腔液体排回油箱, 故活塞上行回程。当行至上端时, 将手柄扳到中间, 活塞停止, 恢复到原始状态。

从上述这一简单例子来看, 液压传动的的基本结构主要由四部分组成。

首先, 是液压发生机构, 即液压源。按照工作需要向系统供应一定压力和流量的工作液体。这就是各种泵。

其次, 这些工作液体必须通过液压控制机构使之按照工作的要求以一定的方向、一定的压力和一定的流量送往液压执行机构。

这就是各种液压控制阀。按照其功能基本上可分成方向阀、压力阀和流量阀三大类。

最后，通过液压执行机构来实现各种要求的动作。在锻压机械中，绝大部分是往复运动，所以执行机构主要是缸-活塞。

把这三者连接起来的的就是管路。

这些可用方框图表示，如图 2。

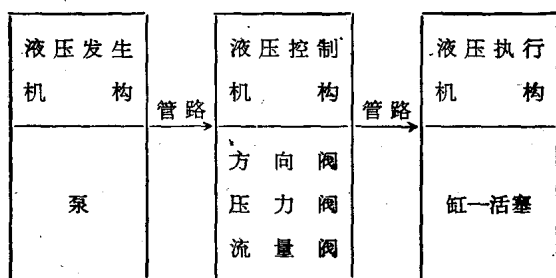


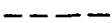
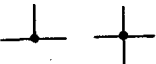
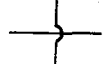
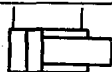
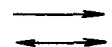
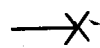
图 2 锻压机械液压传动系统方框图

但是，要构成一个完善的液压传动系统还必须要有其他辅助装置的配合。这些是油箱、过滤器、蓄能器、增压器、冷却和加热装置、密封装置等等。

通常，在锻压机械的液压传动中，按所采用的工作介质有两种不同的系统——水压和油压。前者用乳化液或工业纯水，而后者用矿物油。水有腐蚀作用，润滑性差，但不燃烧且成本低。所以，一般仅用于自由锻造、模锻、型材挤压、厚板冲压等热加工工艺的大型液压机中。而油则由于润滑性好，和有防锈能力而得到最广泛地应用。在热加工设备上还有采用其他耐火液体作工作介质以防燃，但目前在国内应用还很少。因此，本文所涉及的范围只是以矿物油作介质的液压传动。

为以后叙述方便，现按国家标准 GB 786-65 规定的液压系统图图形符号将锻压机械液压传动系统中常用的元件符号列于表 1。

表1 锻压机械液压传动系统图形符号

名 称	符 号	名 称	符 号
工 作 管 路		单向变量油马达	
控 制 管 路		双向变量油马达	
泄 漏 管 路		摆 动 油 缸	
连 接 管 路		单作用柱塞油缸	
交 错 管 路		差 动 油 缸	
软 管		手动杠杆控制	
油 流 方 向		弹 簧 控 制	
油 管 端 部 在油箱油面之上		机 械 控 制	
油 管 端 部 在油箱油面之下		直接液压控制	
堵 头		先导液压控制	
单向定量油泵		压力—位移比例 控 制	
单向变量油泵		单 线 圈 电 磁 铁 控 制	
双向变量油泵		单向回转交流 电 动 机 控 制	
单向定量油马达		电磁—液压控制	

(续)

名 称	符 号	名 称	符 号
直 控 溢 流 阀		压 力 继 电 器	
远 控 溢 流 阀		固 定 式 节 流 阀	
单 向 溢 流 阀		可 调 式 节 流 阀	
电 控 卸 荷 溢 流 阀		单 向 节 流 阀	
减 压 阀		压 力 补 偿 调 速 阀	
单 向 减 压 阀		单 向 减 速 阀	
直 控 顺 序 阀		常 闭 式 二 位 二 通 阀	
远 控 顺 序 阀		常 开 式 二 位 二 通 阀	
卸 荷 阀		二 位 三 通 阀	
直 控 单 向 顺 序 阀		二 位 四 通 阀	
直 控 平 衡 阀		三 位 三 通 阀	
远 控 单 向 顺 序 阀		三 位 四 通 阀 O 型	
远 控 平 衡 阀		三 位 四 通 阀 H 型	
背 压 阀		三 位 四 通 阀 Y 型	

(续)

名 称	符 号	名 称	符 号
三位四通阀 K 型		隔离式气体 蓄 能 器	
三位四通阀 M 型		增 压 器	
三位四通阀 X 型		油温调节器	
三位四通阀 P 型		加 热 器	
三位四通阀 J 型		冷 却 器	
电动二位四通阀		粗滤油器及 滤 油 网	
电液动三位 四 通 阀		精 细 滤 油 器	
手动三位四通阀		交 流 电 动 机	
单 向 阀		压 力 表	
液控单向阀		电接触点压力表	
手动截止阀		真 空 表	
开 式 油 箱		温 度 计	
充 压 油 箱		电接触点温度计	
非隔离式气体 蓄 能 器			

第二章 工作介质——液压用油 的性能与要求

一、对工作介质的基本要求

在液压传动系统中,工作液体的作用不仅必须有效地传递动力,而且还必须保证液压工作部件的工作灵敏可靠、寿命长和泄漏少。为此,对工作液体提出的基本要求有:

- (1) 合适的流动能力和低压缩性;以提高系统的传动效率;
- (2) 在现代的液压泵和液压阀等液压元件中,即使是高压的,运动零件间的密封都是靠保持极小的配合间隙而达到的。因此,工作液体本身必须具有一定的密封能力。否则将造成大量泄漏和功率损失,系统温度上升;
- (3) 良好的防锈和防腐蚀能力,保护液压管路和元件内部防止生锈和被腐蚀;
- (4) 充分的润滑能力,保证元件工作灵敏可靠,磨损最少,寿命长;
- (5) 性能稳定,能够长期工作不变质等等。

按照这些基本要求正确合理地选择液压用油,再加上合理的使用和维护,就可以大大提高液压设备的工作性能、效率、经济性、可靠性和使用寿命。有人认为液压系统的故障中有70%是来自工作液体,这说明了它的重要程度。

二、液压用油的性能

在选择工作液体时必须考虑主要的使用性能指标,如粘度、粘度指数、氧化稳定性、润滑性和油膜强度、防锈和防腐蚀能力、抗乳化性、消泡性等。兹分述如下。

1. 粘度

这是选择液压用油的最重要的性能指标。粘度是液体受外力作用流动时,在液体分子间所呈现的内摩擦力。表示粘度通常有以下三种方法:

(1) 动力粘度或绝对粘度。面积各为1厘米²和相距1厘米的两层液体,当其中的一层液体以1厘米/秒的速度与另一层作相对运动,此时所产生的阻力即为动力粘度 μ ,单位为泊。

(2) 运动粘度。液体的动力粘度 μ 与它的密度 ρ 之比称为运动粘度 ν ,即 $\nu = \mu/\rho$,单位为厘米²/秒,叫做沱。沱的百分之一为厘沱。

(3) 恩氏粘度或相对粘度。为试油在某种温度下从恩氏粘度计流出200毫升所需时间与蒸馏水在20°C流出相同体积所需时间之比,称为恩氏粘度,用 $^{\circ}\text{E}$ 表示。

我国一般都采用运动粘度,也有时用恩氏粘度。这二种粘度单位的换算见图3。

有时为使油液具有所需的粘度特性,还可以把二种不同的油混合起来使用,这时混合油的粘度可按下列式计算:

$$^{\circ}\text{E} = \frac{a^{\circ}\text{E}_1 + b^{\circ}\text{E}_2 - C(^{\circ}\text{E}_1 - ^{\circ}\text{E}_2)}{100}$$

式中 $^{\circ}\text{E}_1$, $^{\circ}\text{E}_2$, $^{\circ}\text{E}$ ——混合前的二种油及混合后油的粘度;

a 、 b ——混合前二种油的百分数;

C ——系数,见表2。

表2 系数 C

$a(\%)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$b(\%)$	90	80	70	60	50	40	30	20	10
C	6.7	13.1	17.9	22.1	25.5	27.9	28.2	25	17

粘度直接影响液压系统的效率、灵敏性和可靠性,并对工作温度也有很大影响。在选择时,既要顾到传动的效率又要顾到润滑和密封的能力。既要考虑到油泵对它的要求,又要考虑到系统所

容许的粘度范围。粘度低,流动阻力小,摩擦损失小,机械效率高;但从润滑和密封的角度来考虑,往往要求较高的粘度,以减少运动部分的摩擦磨损,减少泄漏和提高容积效率。此外,还要考虑到油泵吸入能力所能容许的最大粘度值。系统的工作压力和工作温度的影响也是经常要考虑的。如高温下可选用较高的粘度,一般高压系统也可选用较高粘度,以减少高压下的泄漏。另外高压也容许有较大的流动阻力,因为它的损失占比例较小。而低压或低温则选用较低的粘度。总之,必须全面考虑各种因素,权衡其得失后,选择一个合理的粘度值。在一般情况下,一个液压系统的合理粘度接近于保证充分润滑所容许的最小粘度,并且主要是由所选用的油泵来决定的。表 3 为按油泵类型推荐的粘度范围。

表 3 各类泵适用的粘度范围

泵 的 类 型		环 境 温 度	
		14~38°C	38~80°C
		厘沱 (50°C)	厘沱 (50°C)
叶片泵	70 公斤力/厘米 ² 以下	18~27	25~42
	70 公斤力/厘米 ² 以上	32~38	36~53
齿 轮 泵		18~38	36~80
柱 塞 泵		18~38	36~110

2. 粘度指数

液压用油的粘度是随着温度的变化而改变的。温度越高,粘度越低。粘度随温度变化的程度用粘度指数来表示。粘度指数高,表示温度变化时油的粘度变化小,油的粘度温度性能好。图 3 所示国产油类的粘度温度特性。

当系统工作温度范围很大时粘度指数特别重要,例如野外工作的液压系统,这时就必须用具有高粘度指数的油。否则,当在寒冷时开始工作,油的粘度太高,流动性很差,以致于油泵和系统不能正常工作。而当温度逐渐升高到工作温度时,油又会变得太薄

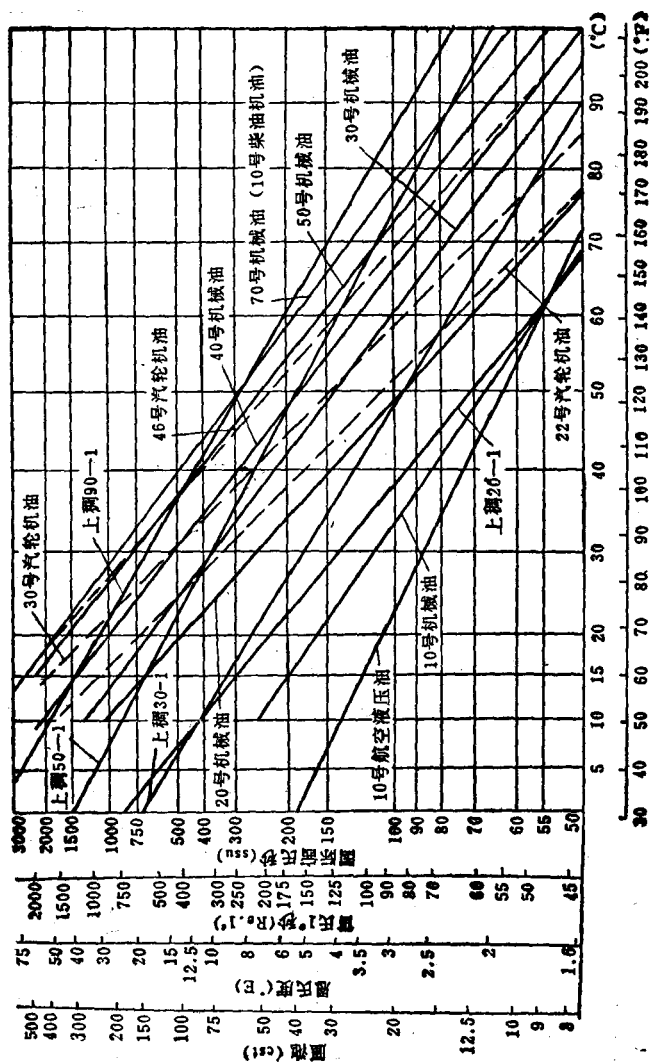


图3 国产油类的粘度温度特性