

液 压 技 术 问 答

张 云 鹏 编

内 容 提 要

本书以问答形式，简明扼要地介绍了液压技术的基础知识，油泵，油缸和油马达，液压控制阀，液压辅助装置，液压基本回路，液压随动系统，液压系统的设计计算和使用维护与故障排除等方面的基本知识。可供从事液压技术方面的工人和技术人员学习和参考。

液 压 技 术 问 答

张云鹏 编

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：6.125 字数：128千

1983年7月 第1版

1983年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—25,800册 定价：0.77元

目 录

第一章 液压技术基础知识	1
1-1 什么是液压传动?	1
1-2 液压系统主要由哪几部分组成?	2
1-3 液压传动主要有哪些优缺点?	2
1-4 什么叫职能符号式液压原理图?	3
1-5 什么叫液压油的重度和密度?	4
1-6 什么叫液压油的粘度?	4
1-7 恩氏粘度如何测定?	5
1-8 油的粘度与温度有什么关系?	6
1-9 油的粘度与压力有什么关系?	6
1-10 调合油的粘度如何计算?	8
1-11 对液压油的性能有什么要求?	9
1-12 什么叫绝对压力、计示压力和真空度?	9
1-13 液压千斤顶为什么能用很小的力 举起很重的物体?	11
1-14 什么叫层流和紊流? 如何判断?	11
1-15 为什么说在静液压传动中油液内的能量主 要是以压力能形式出现的?	12
1-16 为什么在静液压传动中对油液的流动速度 要有一定限制?	13
1-17 什么叫液压冲击? 有何危害? 应如何消 除?	14
1-18 什么叫空穴和气蚀现象? 有何危害? 应如	

	何消除?	15
第二章	油泵	17
2-1	油泵为什么能吸油和排油?	17
2-2	油泵的工作压力取决于什么? 和泵铭牌上的压力有什么关系?	18
2-3	油泵有哪些种类?	19
2-4	油泵的铭牌上一般都有哪些性能参数? 它们的含义是什么?	19
2-5	为什么油泵的最高转速和最低转速有一定限制?	20
2-6	什么叫油泵的容积效率? 机械效率和总效率?	21
2-7	流量 Q 、排量 q 、转速 n 和效率 η 之间有何关系?	22
2-8	功率 N 、流量 Q 和压力 p 之间有何关系?	23
2-9	油泵的自吸能力如何计算?	24
2-10	CB 型齿轮油泵进出油口能否反接? 如果反接了会发生什么问题?	25
2-11	齿轮油泵为什么在液压系统中应用比较广泛?	26
2-12	什么叫困油现象? 有何危害? 应如何消除?	26
2-13	径向力对齿轮油泵有何危害? 应如何消除?	28
2-14	在齿轮油泵盖的槽内为何嵌有弓形密封圈? 它的位置应在哪侧?	28
2-15	浮动轴套式齿轮油泵是如何完成自动补偿	

	轴向间隙的?	30
2-16	齿轮油泵的流量如何计算?	32
2-17	叶片油泵有何特点?	34
2-18	双作用叶片油泵为何称为卸荷式叶片油 泵?	34
2-19	为什么在叶片油泵配油盘压油窗口上开有 三角眉毛槽?	35
2-20	双作用叶片油泵的叶片在转子槽中为什么 不是径向安装、而要倾斜一个角度?	36
2-21	内反馈限压式变量叶片油泵结构有何特 点? 为什么它的叶片在转子槽中倾斜角度 和双作用叶片油泵叶片倾斜角度的方向正 好相反?	37
2-22	双作用叶片油泵的流量如何计算?	38
第三章	油缸和油马达	40
3-1	什么叫油缸和油马达?	40
3-2	双杆活塞油缸运动速度和牵引力如何进行 计算?	40
3-3	单杆活塞油缸运动速度和牵引力如何进行 计算?	42
3-4	单出杆活塞式油缸进出油口同时通入高压 油, 为什么能得到快速运动?	43
3-5	柱塞油缸有何特点? 它的移动速度和牵引 力应如何计算?	44
3-6	油缸的缓冲装置和排气装置应如何设置?	44
3-7	油缸的内径应如何计算?	45
3-8	油缸活塞杆的直径应如何计算?	47
3-9	油缸壁厚应如何计算?	47

3-10	油缸盖螺栓应如何进行强度计算?	48
3-11	伸缩油缸有何特点?	48
3-12	增压油缸有何特点?	49
3-13	什么叫摆动油缸?	51
3-14	对油马达的性能有何要求?	52
3-15	油马达的输出扭矩和转速应如何计算?	53
3-16	高速小扭矩油马达结构有何特点?	53
3-17	低速大扭矩油马达有何特点?	54
3-18	径向柱塞油马达为什么能输出扭矩?	55
3-19	曲轴连杆式低速大扭矩油马达的结构有何 特点?	56
3-20	静力平衡式油马达的结构有何特点?	58
3-21	轴向柱塞油马达为何能输出扭矩?	60
3-22	Y15-1型轴向柱塞油马达有何特点?	61
第四章	液压控制阀	63
4-1	控制阀在液压系统中有何功用?	63
4-2	液压控制阀有哪些共同特点和共同性的要 求?	64
4-3	单向阀在液压系统中有何功用? 对它的性 能有何主要要求?	64
4-4	单向阀的结构主要有哪两种形式? 如果做 背压阀使用时应怎样改装?	65
4-5	液控单向阀有何功用?	66
4-6	换向阀有何功用? 对它的性能有哪些要 求? 换向阀怎样分类?	67
4-7	交流和直流电磁换向阀各有什么特点?	67
4-8	电磁换向阀是怎样完成换向的?	68
4-9	换向阀的职能符号和规格型号的含义是什	

	么?	69
4-10	如何防止交流电磁铁线圈被烧坏?	70
4-11	电液换向阀有何特点?	71
4-12	滑阀式换向阀结构上有哪些具体要求?	73
4-13	滑阀的轴向卡紧现象是如何造成的? 应采取 什么措施予以消除?	74
4-14	滑阀机能的含义是什么?	75
4-15	节流阀为什么能改变流量? 对它主要有哪 些要求?	75
4-16	节流口有哪几种形式? 各有什么特点?	75
4-17	有哪些因素影响节流流量的稳定?	78
4-18	单向节流阀有何功用?	79
4-19	以压力补偿装置为减压阀的调速阀有何功 用?	79
4-20	以压力补偿装置为溢流阀的调速阀有何功 用?	82
4-21	先导式溢流阀有何特点? 阻尼孔有何作 用?	83
4-22	溢流阀在液压系统中有何功用?	86
4-23	溢流安全阀可否作溢流定压阀使用?	87
4-24	减压阀有何功用? 压力油液通过先导式减 压阀为什么压力能够减低?	88
4-25	溢流阀和减压阀有何不同? 不拆阀件, 如 何根据阀的特点正确判断哪个是溢流阀, 哪个是减压阀?	89
4-26	顺序阀和溢流阀有何不同? 在不改变阀杆 的情况下如何将溢流阀改装成顺序阀?	90
4-27	压力继电器在液压系统中有何功用? 是如	

	何实现的?	90
4-28	比例阀与普通液压元件比较有何特点?	92
4-29	电液比例压力阀有何特点?	92
4-30	电液比例流量阀有何特点?	93
4-31	电液比例方向阀有何特点?	94
第五章	液压辅助装置	95
5-1	蓄能器为什么能储存和释放能量? 目前常 使用哪几种型式?	95
5-2	蓄能器在液压系统中有何应用?	97
5-3	对滤油器有何要求? 常用哪几种滤油器?	97
5-4	如何选择滤油器? 它在液压系统中应如何 安装?	98
5-5	液压元件为何要进行密封? 对密封有何要 求?	100
5-6	固定密封有哪些种类?	100
5-7	动密封有哪些种类?	101
5-8	油管有哪些类型? 应如何确定油管的截面 尺寸?	102
5-9	油箱有何功用? 结构上应注意哪些事项?	104
5-10	油冷却器有何功用? 在液压系统中应如何 安装?	105
第六章	液压基本回路	106
6-1	什么叫开式液压系统?	106
6-2	什么叫闭式液压系统? 有何优点?	107
6-3	如何调定液压系统中各回路的压力?	108
6-4	什么叫二级调压回路?	109
6-5	减压回路有何功用?	110
6-6	如何利用增压器获得间歇和连续液压放	

	大?	111
6-7	如何使油泵在原动机不停歇的情况下自动卸荷?	113
6-8	如何消除液压系统内的液压冲击?	115
6-9	如何防止处于垂直位置的活塞和运动部件因自重作用而下落?	117
6-10	在定量或变量液压系统中如何实现有级调速?	118
6-11	什么叫节流调速回路和容积调速回路?	121
6-12	进油路节流调速回路有何特点?	121
6-13	回油路节流调速有何特点?	122
6-14	旁油路节流调速有何特点?	123
6-15	如何利用换向阀实现节流调速?	124
6-16	减压阀式先导控制的换向阀调速回路有何特点?	125
6-17	变量油泵一定量油马达(或油缸)容积调速回路有何特点?	126
6-18	定量油泵一变量油马达容积调速回路有何特点?	127
6-19	变量油泵一变量油马达调速回路有何特点?	128
6-20	应采取什么措施限制执行机构的意外超速?	129
6-21	如何使运动着的执行机构在任意需要的位置上停止?	131
6-22	如何实现多缸或多马达的同步运动?	132
6-23	如何实现快速下降?	134
6-24	恒流安全阀是怎样起到恒流和安全作	

	用的?	135
6-25	如何实现“快慢快”运动循环?	136
6-26	什么叫差动回路?	138
6-27	如何使用行程阀实现执行元件顺序动作?	138
6-28	如何使用电磁阀实现执行元件顺序动作?	139
6-29	如何使用程序油缸实现顺序动作?	140
6-30	如何使用顺序阀实现执行元件顺序动作?	141
6-31	如何使用电液换向阀实现执行元件顺序动作?	142
6-32	如何使用压力继电器实现执行元件顺序动作?	143
6-33	什么叫时间控制顺序回路?	144
6-34	如何实现执行元件的换向? 对换向回路有何要求?	145
6-35	时间控制制动的换向回路有何特点?	146
6-36	行程控制制动的换向回路有何特点?	148
第七章	液压随动系统	148
7-1	什么叫液压随动系统?	148
7-2	轮式车辆采用的连杆式助力器是怎样完成转向的?	150
7-3	液压助力器结构有何特点?	151
7-4	液压随动系统控制阀为什么滑阀台肩和阀套开口间留有缝隙?	153
7-5	摆线转阀式全液压转向装置有何特点?	154
7-6	车床仿形刀架液压随动系统是怎样仿照样件自动加工工件的?	155
7-7	什么叫电液伺服阀? 电液伺服阀中电磁部分有何功用?	158

7-8	电液伺服阀中液压部分有何功用?	159
7-9	DY02 型电液伺服阀的结构有何特点?	160
第八章	液压系统的设计计算	163
8-1	如何绘制液压系统原理图?	163
8-2	如何计算油缸工作面积?	165
8-3	如何计算流量、油管 and 选用油泵?	167
8-4	如何计算系统实际工作压力?	168
8-5	如何计算油泵所需电动机的功率?	169
8-6	如何计算油箱容量?	170
第九章	液压系统的使用维护与故障排除	171
9-1	液压系统安装时应注意哪些事项?	171
9-2	油液中的各种杂质对系统有何危害?	172
9-3	如何防止油液的污染?	173
9-4	油液中的气泡对系统有何危害?	173
9-5	空气进入液压系统主要有哪些原因? 应如何防止?	174
9-6	如何防止油液油温过高?	175
9-7	液压系统中常见的故障噪声是怎样产生的? 应如何排除?	176
9-8	液压系统中常见的故障爬行是怎样产生的? 应如何排除?	177
9-9	液压系统中常见故障——系统压力不足是怎样产生的? 应如何排除?	177
附表	液压系统图形符号	179

第一章 液压技术基础知识

1-1问：什么是液压传动？

答：机械传动是依靠机械零件实现运动和力的传递与转换，而完成作功的目的。那么，什么是液压传动呢？

图 1-1 所示为一台常用的起重工具——液压千斤顶的工作原理图。

图中两个大小油缸内，均配以与油缸内壁密封良好的大小活塞 1 和 2。当小活塞 2 在外力的作用下向上运动时，由于小油缸内空间增大，油箱内的油液在大气压的作用下，压开单向阀 3 进入小油缸；

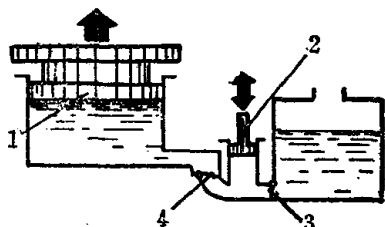


图1-1 液压传动原理图

1-大活塞；2-小活塞；3、4-单向阀

当小活塞 2 在外力作用下向下运动时，小油缸内几乎不可压缩的液体（严格地说：体积随压力的变化很小，在液压传动中一般都忽略不计），静压力升高，压开单向阀 4 油液被压进大油缸。

小活塞 2 通过外力的作用，上下往复运动，在两个单向阀 3 和 4 的配合下，不可压缩的液体就被连续不断地压进大油缸。大油缸内的活塞 1 在受静压力的液体的作用下，被不断提升，推动负载完成作功的目的。

这种靠密闭容器内受静压力的液体的作用，实现运动和力的传递与转换，而完成作功目的的传动方式称为液压传动。

1-2问：液压系统主要由哪几部分组成？

答：液压系统主要由如下五个部分组成。

1.动力元件：把原动机输出的机械能转变为液体压力能的能量转换装置。

2.控制元件：为满足传动性能的需要，在系统内为控制压力，流量和方向等而配置的各种阀件。

3.执行元件：把液压能转换为机械能的各种装置。

4.辅助元件：为保证液压传动装置正常工作，而设置的油管、油箱、管接头、滤油器、蓄能器、加热器、冷却器等。

5.工作介质：液压油。

1-3问：液压传动主要有哪些优缺点？

答：液压传动与电气、机械等传动相比较，有如下优点：

1.在输出同等功率的条件下，液压传动装置体积小、重量轻、结构紧凑、惯性小、动作灵敏。例如：同功率的油马达体积仅为电动机体积的12~13%；同功率的油泵重量仅为发电机重量的十分之一左右。

2.能在很大的调速范围内实现无级调速。其结构比一般常用的齿轮变速机构简单，调速范围可达200~250，而电机通常只能达到20。

3.运转平稳，便于实现频繁的换向。

4.操纵简单，便于实现自动化。

5.容易实现安全过载保护。

6.运动机械零件在油中工作，润滑良好，寿命长。

7.液压元件易于实现通用化和标准化。

液压传动的缺点：

1.由于不可避免的泄漏，管路的弹性变形，影响运动平稳性，不宜实现准确的定比传动。

2.由于液压损失随管路长度和流速而增加，故不适于远

距离传动。

3. 油的粘度随温度而变化, 会影响传动机构的工作性能, 因此在高温和低温下采用液压传动有较大的困难。

4. 油液中如含有空气, 容易产生噪声, 并使低速运动不平稳。

5. 液压元件的制造及系统的调整和故障的判断排除, 均需较高的技术水平。

1-4问: 什么叫职能符号式液压原理图?

答: 如图 1-2 就是目前我国通用的职能符号式液压原理图。这种原理图中的各液压元件, 不是用其结构简图形式画出, 而是用规定的职能符号表示 (见附表), 这些符号只表示元件的职能, 连接系统的通路, 并不表示元件的具体结构。我国制定的液压系统图图形符号 (GB786—65) * 中规定, 符号都以元件的静止位置或零位置表示。

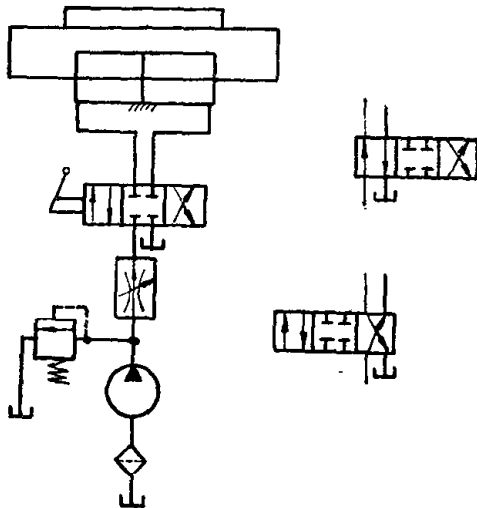


图1-2 职能符号式液压原理图

- 本标准已为GB786—76《液压及气动图形符号》代替。本书所述均为液压技术内容, 这里仍沿用针对性强的GB786—65内的名称, 如油泵、油马达及油缸等。

1-5问：什么叫液压油的重量和密度？

答：液体单位体积的重量称为重度。以 γ 表示：

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (\text{牛/米}^3)$$

式中： G ——液体的重量（牛）；

V ——液体的体积（米³）；

矿物油的重度 $\gamma = 8400 \sim 9500$ （牛/米³）。

液体单位体积的质量称为密度。以 ρ 表示：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{千克/米}^3)$$

式中： m ——液体的质量（千克）；

V ——液体的体积（米³）；

矿物油的密度 $\rho = 850 \sim 960$ （千克/米³）。

因为 $G = mg$ ，所以液体的重量和密度有如下简单关系：

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

式中： g ——重力加速度， $g = 9.81$ 米/秒²。

液体的重量和密度随温度升高而下降，随压力增加而增大。但是在一般使用条件下，温度和压力引起的重量和密度变化甚微，所以，液压油的重量和密度可视为常数。

1-6问：什么叫液压油的粘度？

答：各种牌号的液压油均有一定的粘性。粘性是液体流动时在液体分子间所呈现的内部摩擦力。表示液体流动时内摩擦力大小的系数称为粘度。它是选择液压油的主要指标。

粘度分为动力粘度 μ （又称绝对粘度），运动粘度 ν 和相对粘度 $^\circ E_t$ 。

动力粘度 μ 的物理意义，即是面积各为 1 厘米² 和相距 1 厘米的两层液体，当其中的一层以 1 厘米/秒的速度与另

一层液体作相对运动时所产生的摩擦力。

动力粘度的物理单位为达因·秒/厘米²，又称为泊。百分之一泊称为“厘泊”。

液体的动力粘度与它的密度之比值称为运动粘度。

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{厘米}^2/\text{秒})$$

式中： μ ——液体的动力粘度（达因·秒/厘米²）；

ρ ——液体的密度（克/厘米³）。

运动粘度的物理单位为厘米²/秒，又称为斯*。百分之一斯称为“厘斯”。

相对粘度是以相对于水的粘性的大小来表示液体的粘度。

相对粘度因各国所采用的测试条件不同，有赛氏粘度、雷氏粘度等，我国采用恩氏粘度。

1-7问：恩氏粘度如何测定？

答：恩氏粘度的测定方法如下：设某一温度下200厘米³的被测液体，在自重作用下流过直径2.8毫米小孔所需的时间为 $t_{\text{油}}$ ，然后再测出同体积的蒸馏水在20℃时流过同一孔径所需时间 $t_{\text{水}}$ ， $t_{\text{油}}$ 与 $t_{\text{水}}$ 的比值即为液体在该温度下的恩氏粘度。被测液体温度 t ℃时的恩氏粘度用符号 $^{\circ}E_t$ 表示。

$$^{\circ}E_t = \frac{t_{\text{油}}}{t_{\text{水}}}$$

工业上一般以20℃、50℃和100℃作为测定恩氏粘度的标准温度，并相应地以符号 $^{\circ}E_{20}$ 、 $^{\circ}E_{50}$ 、 $^{\circ}E_{100}$ 来表示。

运动粘度与恩氏粘度、赛氏粘度和雷氏粘度，可用下述经验公式进行换算：

* 旧译施。

$$\nu = 7.35^{\circ}\text{E} - \frac{6.31}{^{\circ}\text{E}} \text{ (厘斯)}$$

$$\nu = 0.22\text{SSU} - \frac{180}{\text{SSU}} \text{ (厘斯)}$$

$$\nu = 0.26''\text{R} - \frac{172}{''\text{R}} \text{ (厘斯)}$$

式中： $^{\circ}\text{E}$ ——恩氏粘度；
 SSU ——赛氏粘度；
 $''\text{R}$ ——雷氏粘度。

1-8问：油的粘度与温度有什么关系？

答：油的粘度随温度的上升而降低。对于常用液压油，当运动粘度不超过76厘斯，温度在20~150℃范围内时，油的粘度随温度变化的数值，可用下面近似公式计算：

$$\nu_t = \nu_{50} \left(\frac{50}{t} \right)^n$$

式中： ν_t ——温度为 $t^{\circ}\text{C}$ 时油液的运动粘度（厘斯）；
 ν_{50} ——温度为50℃时油液的运动粘度（厘斯）；
 n ——指数，其数值可参阅表1-1。

我国常用液压油的粘度与温度的关系，可参阅图1-3。

指数 n 随粘度变化的数值

表1-1

ν_{50} (厘斯)	2.5	6.5	9.5	12	21	30	38	45	52	60
n	1.39	1.59	1.72	1.79	1.99	2.13	2.24	2.32	2.42	2.49

1-9问：油的粘度与压力有什么关系？

答：油的粘度随压力的增加而加大，其关系可用下面近似公式表示：

$$\nu = \nu_0 e^{kP}$$