

附录

• 液压油种类、选用、说明（推荐液压油）	A-4
• 特殊应用领域的液压元件	A-8
• 公式和单位	A-18
• 全球范围子公司、办事处与代理商	A-24
• 样本索引	A-28
• 型号索引	A-30

液压油种类，说明和选用

液压设备的运行情况与所使用的液压油的质量密切相关。
液压油的选用主要取决于下列各使用条件。

例如：

- 温度 (见粘度等级)
- 元件种类 (禁止使用指定的可能与金属、密封件等起不正常反应的液压油)
- 使用油种类 (例如：无公害的液压油)
- 环境 (利用现有液压油)

哈威公司的液压元件适用下列粘度和温度范围

温度范围： 环境温度范围：约 $-40...+80^{\circ}\text{C}$
(注意：气动操纵的 LP 型泵的温度范围为 $+5...+80^{\circ}\text{C}$)
液压油温度范围： $-25...+80^{\circ}\text{C}$
请注意粘度范围和附加的限制条件。
若继续运行时的稳定温度至少高出 20K ，则起动温度容许达 -40°C 。
根据生物学原理可分解的或难燃的
液压油的温度不得高于 $+60...+70^{\circ}\text{C}$ 。

粘度范围： 最小约为 $4\text{mm}^2/\text{s}$ ，
最大约为 $1500\text{mm}^2/\text{s}$ ，
最佳的工作粘度范围 (约为 $10...500\text{mm}^2/\text{s}$)

液压油	特性	特点 / 限制使用情况
矿物油 • 液压油 HLP (DIN 51524 第 2 部分) • 液压油 HL (DIN 51524 第 1 部分) • 液压油 HVLP (DIN 51524 第 3 部分) • 不含添加剂的油 H 例如：润滑油 (DIN 51517 第 1 部分) - 白 (矿物) 油 (例如：USDAH1) • 专用油 航空用 (MIL H-5606) 船舶用 (NATO H-540) • 其他矿物油 发动机油 HD (例如：DIN 51511) ATF 自动装置齿轮油 (AQA Suffix A) 载重汽车变速箱齿轮油 (例如：DIN 51512) 柴油机喷油泵试验用油	矿物油内加有防腐蚀、 抗氧化和耐磨损的添加剂 矿物油内不加耐磨损的添加剂 矿物油内加有如同液压油 HLP 的 添加剂，不过，粘度指数较高， 用于较大的温度范围 矿物油内不加添加剂 矿物油通常为环烷基矿物油， 适用温度范围广	一般通用的液压油 由于这种矿物油内缺少耐磨损的添加剂，所以不适用于各种齿 轮泵。哈威液压公司的齿轮型号为：Z, RZ, MP..-Z, HK..Z 对于其他种类的液压元件，请注意生产厂家的要求！ 粘度指数改进剂对抗剪强度 (在负荷的情况下粘度损失约 30%)， 对抗乳化性能和空气分离能力起着不良影响。这种油只有当温 度条件需要时，才可使用。 请与液压油生产厂家联系！ 由于缺少添加剂只是适用间歇式运行的设备 (S2 或 S3 运行)， (润滑性能差)。白油通常用于可能与食品接触的设备。 必要时根据液压油，须使用氟橡胶 FPM (例如：Viton 密封件)。 请与液压油生产厂家联系！
	矿物油，这种油原来是为其他用途 研制开发的	比较适用的液压油，注意抗氧化和防腐，以及是否与材料相容 (主要是密封件) 请与油液生产厂家联系！

VDMA 24568 和 24569

天然油HTEG

天然油基油液（例如：菜油、葵花籽油）加油添加剂，耐热性差（<60……70℃）

不适用于浸油泵站（HC,MP,FP,HK),带湿式电磁带铁的阀以及在大节流控制装置中，HETG 油液在高温（>60……70℃）时倾向于树脂化，粘和和过早老化，尽可能免于使用！

聚乙二醇 HEPG

PEG 聚乙烯

（可溶于水）

PPG 聚丙烯

（不可溶于水）

聚乙二醇（PAG）基油液，其使用寿命，润滑性能和承压能力等与矿物油的性能相似

鉴于工作性能没有限用条件但是：
正常的油漆会被溶解（不适用于双成分油漆）
不得使用纸质滤油器，有堵塞危险！（只能使用玻璃纤维滤油器和金属滤油器）
对钢和铝组成的滑动摩擦副（或钢和有色金属）有问题（产生溶解现象）
不得使用HC,MP,FP,HK,RZ,Z型泵，不得使用A,F.,, AF, BF, EF, FF 带滤芯的连接块

合成脂 HEES

（羧酸酯，二酯聚合物）

所有重要工作性能与矿物油相似

鉴于工作性能没有限用条件。部分会使聚氯乙烯产生脆性，即聚氯乙烯材料不得与合成酯 HEES 结合使用

难燃油液 DIN51502

HFA

（受压水，乳化液）

水包油乳化液（水含量>80%）
最高温度范围约达60℃

因含水量高存在表面上腐蚀和气蚀的危险，只是用于专门为这种油液设计的液压元件（个别R泵，G。。型截止式换向阀）。泵最高压力为50。。60%，有气蚀危险。
不得使用浸油泵站，有短路危险涉及到HC, MP, FP, HK 型泵，不得使用纸质滤油器，有堵塞危险

HFB

水包油乳化液（水含量>40%）
最高温度范围约达60℃

见HFA油液
通常只是在英国使用

HFC

聚乙二醇水溶液（水含量<35%）
最大温度范围约达60℃

原则上可用作：“正常”的油液
限用条件：
不得使用纸质滤油器，有堵塞危险（涉及到液压泵站的AF, BF, EF 和FF 连接块）
对钢-铝滑动摩擦副有问题，不得使用Z, RZ 型泵
对一般的油漆有侵蚀作用（双成分的油漆能用）
不得使用HC, MP, FP, HK 型浸油泵站

HFD

HFDR 磷酸酯

HFDS 氯化烃

HFDT 为 HFDR 和 HFDS 的混合物

HFDU 其他成分

不含水的油液，其性能与矿物油相似

能正常工作
限用条件：
只使用带FPM（FKM）密封的液压元件（见“密封”节）
注意：SKYDROL 要求带EPDM密封件的液压元件

专用油液

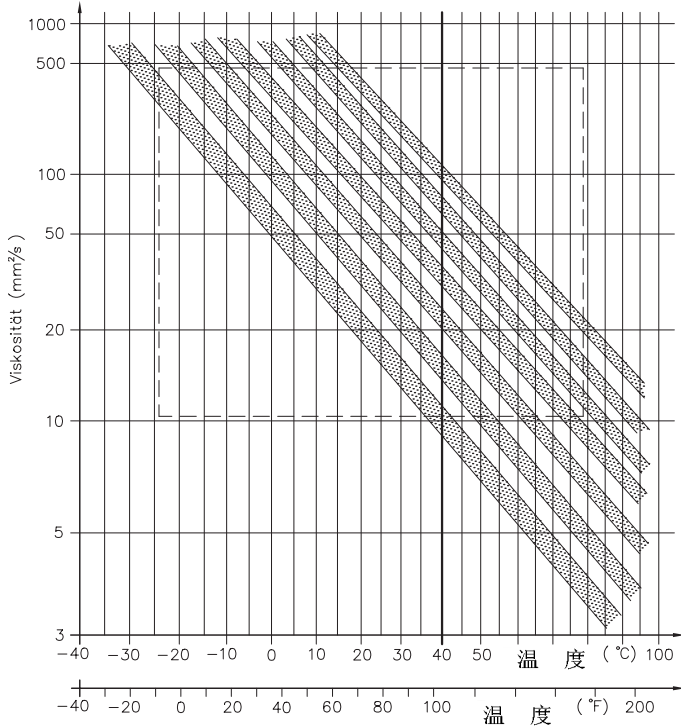
AT 制动液

乙二醇基制动液（DOT4）

可以使用，但只得用于带EPDM或SBR密封件的液压元件（见“密封”章节）

粘度等级的选择

在标准“ISO 液态润滑剂粘度分类”（ISO 3448, DIN 51519）内所列举的18个粘度等级（ISO VG）中，粘度范围ISO VG10至ISO VG68对液压设备至关重要。其中在ISO VG后面的数字相当于在标准40℃时的额定粘度。图中所示的温度特性相当于矿物液压油的特征，例如HVLP和无公害的油液曲线较为平坦，这意味着温度的影响很小。



由于生产厂家造成的粘度差拟对下列参数进行说明，且与容许的粘度范围进行对比：
 40℃时的粘度，
 最低（假设的，所要求的）温度时的粘度，
 最高（假设的、所要求的）温度时的粘度（以保证在<80℃时具有较长的密封寿命！）

选择参考值

- VG10, VG15
适用于室外瞬时运行的设备或夹紧装置
适用于持续运行的设备（室外冬季运行）
- VG22, VG32
普遍使用（室外夏季运行）
- VG46, VG68
在40℃以下环境温度，或热带情况下适用于在封闭室内的设备（起动温度不小于20℃）

过滤

在微观范围的污染(例如“排出物和灰尘)或在宏观范围内的污染(例如: 铁屑, 软管和密封件橡胶颗粒)会给液压设备的性能造成严重的影响。因此应进行如下过滤(在首次运行之前须进行一次彻底的冲洗)

油液的容许污染等级			推荐的过滤精度	液压元件
ISO4406	NAS1638	SAET490		
20/17...18/15	12...8	≥6	β _{16...25} ≥75	径向柱塞泵, 齿轮泵, 阀, 液压缸 (在一般机械制造中使用)
17/14...15/12	8...6	5...3	β _{6...16} ≥75	比例压力阀和比例流量阀

对于比例阀来说，重复精度与油液的清洁度密切相关。必须注意，桶装的新油液不一定能满足最高的清洁度要求。

油液的使用寿命

油液的“老化”等是有剪切过程、因温度过高引起的分解（树脂化）、与冷凝水混合或与系统的其他材料（例如：金属）发生反应（形成油渣）而产生的。除了油液性能本身以外（例如：通过高的剪切稳定性的添加剂），液压控制装置的设计（例如：油箱大小、恒定温度、节流部位的数量和种类）对油液的老化均起着重要影响。

下列情况必须注意：

- 工作温度要小于 80℃（适用于矿物油，对于含水的液压介质，其工作温度要稍低些。）要避免较高的温度，否则会缩短油液的使用寿命（温度增加 10K 相当于缩短一半寿命）。

- 油液的循环比 $\frac{Q_{泵}[l/min]}{V_{设备}[l]}$ （参数值）

普通的液压泵站的循环比为 0.2...0.4/min，
行走式机械液压装置的循环比为 1/min，
紧凑型泵站在间歇式运行或空载运行时的循环比为 4/min

- 定期检查油液（油位，污染程度，色度，中和值等等）
- 定期换油（取决于油液和使用条件）
参数值：约 4000...8000 小时（矿物油）
约 2000 小时（其他油液）
或至少每年调换一次
注意油液生产厂商的要求！

液的调换

不同种类的油液混合在一起，在一定情况下会产生形成油渣，树脂化等不希望有的化学反应。因此在调换不同的油液时，必须询问各生产厂商，整套液压设备一定要进行彻底的冲洗。

密封

在使用油液（除矿物油和合成酯外）前原则上应与油液生产厂弄清楚密封适用性问题。本章开头的表格对此作了概要介绍。

- 按照标准均使用 NBR（丙烯腈-丁二烯橡胶，例如：丁腈橡胶、丁腈橡胶）或 HNBR（氢化的丙烯腈-丁二烯橡胶）材料制成的密封件。
根据用户要求可提供带下列材料的密封件的液压元件：
• FPM（还有 FKM，氟橡胶，例如：聚四氟乙烯）
例如：这种材料制成的密封件适用于 HFD 油液
哈威液压公司液元件所用的密封件以 -PYD 表示
例如：WN1H-G24-PYD

- EPDM（乙烯-丙烯-烯橡胶）
例如：这种材料制成的密封件适用于 SKYDROL 或制动液 SBR（苯乙烯-丁二烯橡胶）
例如：这种材料制成的密封件适用于制动液（不适用于 SKYDROL!）
哈威液压公司元件用的密封件以 -AT 表示
例如 WN1H-G24-AT

液压元件的存放

液压元件的存放环境首先取决于连接其部位的密封件和测试油。橡胶材料的存放能力通常受下列因素影响：

- 温度，光线，湿度，氧气，臭氧

另外，存放时应尽量避免压力和变形。存放温度为 15-20 摄氏度最佳，相对湿度应在 65%（±10%）左右。应避免阳光或有紫外线成分的光源的直接照射。会产生臭氧的设施（电动马达，高压设备等）不应放在存放间，如果密封件是用塑料袋包装的，包装袋应不含柔软剂并能防止紫外线，在标准 DIN7716/BS3F68:1977, MIL-HDBK-695C, MIL-STD-1523A, DIN9088 中可以找到有关弹性物质存放的细节。

因为不会出现化学反应，所以液压油在出厂时密封的容器里可以长久保存。如果接触到氧气，灰尘或水分，根据油种类及成分的不同或多或少会有氧化和脂化的现象出现。

建议选择具有恒定温度及湿度的暗室来存放液压元件。部件应放在塑料袋内保存，以避免灰尘及空气接触。另外每年至少进行一次功能测验（应急操纵，无油开关）以确保功能完好。

影响产品安全的元件建议每半年测试一次，每两年替换一次密封件。

如按上述要求存放，元件被腐蚀的危险性就较小，因为大部分外在元件包有保护层（镀锌，硝酸盐处理过）并涂油。

特殊应用领域的液压元件

在型号和改进型号的数量不断增加和专业化的情况下，选择合适的泵、阀等元件就愈加困难了。下面根据用途和性能列出了各种元件。当然，这些元件只是根据重点来选择的，不应排除使用未列举的液压元件。

绝大多数液压元件的型号与简介可见本样本的主要部分，详细情况可见具体样本资料，这些样本资料可随时向德国的销售处，本公司国外的代表商或直接向我公司总部索取。

涉及如下应用领域的液压元件：

液压夹紧装置
 锻压机械
 地面输送车辆
 行走机械
 防爆设备
 使用 HFA 油液、乳化液或压力水

与性能有关的液压元件：

- 比例阀技术
- 压力范围至 500...700bar 的元件
- 螺旋式插装阀和组装阀
- 具有各种机构技质认证证书的液压元件 (TÜV, GL, 汽车制造业等)

机床与夹紧装置用的液压元件

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
FP和FPX型小型液压泵站	2.1	700	D7310	1.1	6
HC, HCW和HCG型紧凑型泵站	12.9	700	D7900,D7900G	1.1	8
MP和MPW型液压泵站	14.8/108	700/150	D7200,D7200H	1.1	10
HK, HKF和HKL型紧凑型泵站	12.9/16	700/150	D7600-4,D7600-3 D7600-2,D7600-3L	1.1 1.1	14 18
A, B, C型连接块, 部分带有回油过滤器和压力过滤器 (用于 HC, MP, FP 和 HK(F)型紧凑型泵站)	18	700	D6905A, D6905B, D6905C, D6905TÜV		
NA型双级阀连接块		700/120	D6905A	1.1	18
电磁铁控制的滑阀式换向阀SW,SWR,SWS,SWP和INSWP型	25	315	D7450, D7451, D7451N, D7951	2.1	12
G,WG,H,P,K,T,F和D型操纵方式的截止换向阀	120	700	D7300, D7300Ex	2.2	4
NG,NWG,NH,NP,NK,NT,NF和ND型各种操纵方式的截止式换向阀 (6通径符合 CETOP 标准)	12	500	D7300N	2.2	4
VB型阀块	120	700	D7302	2.2	6
WH和WN型截止式换向阀	60	450	D7470A/1	2.2	10

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
BWH 和 BWN 型阀组	60	450	D7470B/1	2.2	12
VZP 型截止式换向阀	15	450	D7785A	2.2	16
BVZP 型阀块	15	450	D7785B	2.2	18
BA 和 BV 型阀组	20	400	D7788	1.1	22
BVG, BVP 和 NBVP 型 2/2, 3/2 和 4/3 截止式换向阀	50	400	D7400,D7765,D7765N	2.2	24
VP 型截止式换向阀	20	400	D7915	2.2	
VH, VHR 和 VHP 型 4/3 和 3/3 截止式换向阀	25	700	D7647	2.2	34
MV, MVS, MVE, MVP, SV,SVC, MVCS, DMV 和 DMVN 型压力阀, MVF, MVH 型组装阀	160	700	D7000/1, D7000E/1	2.3	4
CMV 和 CSV 型螺旋式插装溢流阀	60	500	D7710MV	2.3	6
零部件经检验的 CMVX 型螺旋插装式安全阀	28	500	D7710TUV	2.3	6
CDK 型螺旋插装式减压阀 (旋入单一的螺纹孔)	15	500	D7745	2.3	18
DK 型带有后置压力继电器的减压阀	15	400	D7941	2.3	18
CNE 型螺旋插装式卸荷阀	30	75	D7710NE	2.3	24
LV 型卸荷阀	25	350	D7529	2.3	28
FG 型精密节流阀	<1	300	D7275	2.4	14
Q, QR 和 QV 型节流阀	80	400	D7730	2.4	14
PB 型比例节流阀	20	300	D7557/1	2.4	
HSE 和 HSA 型液压夹紧油缸		500	D4711	3	4
DG, DG5E 型电液压力继电器		800	D5440, D5440E	4	4
DT 型压力接收器		1000	D5440T	4	4
AC 型微型液压蓄能器		500	D7571	4	6
X84 型连接件			D7077	4	8
带发光二级管和自振荡二极管的插头 (型号 MSD, SVS, MSE, MSUD)			D7163	5	4
控制电磁铁的 WG230/115 50/60Hz 型电磁阀用的自耦变压电路 (型号 : MSD4 P53 和 MSD4 P63) 插头			D7813	5	4
MSE28026 型自耦变压电路的插头			D7832	5	4
带控制电磁铁的 G24 型电磁阀用的自耦变压电路 (型号: MSD 4 P55)			D7833	5	4
MNG 型交直流变压器			D7835	5	4

特别适用于机床技术的液压元件

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
BA 型阀块	25	500	D7788	1.1	22
HK, HKF 和 HKL 型紧凑型泵站	12.9/16	700/150	D7600-4,D7600-3,D7600-3L D7600-2	1.1	14
A 型阀块, 部分带有回油过滤器和压力过滤器		700	D6905A	1.1	18
SWP 和 NSWP 型滑阀式电磁换向阀	25	315	D7450, D7451, D7451N	2.1	12
NSMD 型夹紧模块	25	100	D7787	2.1	28
NBVP 型 2/2, 3/2 及 4/3 截止式换向阀	20	400	D7765	2.2	24

锻压机械用的液压元件（上活塞压机、下活塞压机和试验用压机、压铸机等）

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
NA 型双级连接块		700/120	D6905A	1.1	18
电机泵和 MP, MPW 型液压站	14.8/108	700/150	D7200,D7200H	1.1	10
R 和 RG 型液压泵	91.2	700	D6010,D6010H, D6010D,D6010DB, D6010S	1.2	4
InLineV30D 型轴向变量柱塞泵	365	350(420)	D7960	1.2	8
RZ 型双级泵	91.2/35	700/150	D6910, D6910H	1.3	4
LP 型气动操纵液压泵	12	1500	D7280, D7280H	1.4	4
H, HD, HE 和 DH 型手动泵		600	D7147/1	1.5	4
G, WG, H, P, K, T, F 和 D 型操纵方式的截止式换向阀	120	700	D7300, D7300EX, D7300H	2.2	4
NG, NWG, NH, NP, NK, NT, NF 和 ND 型操纵方式的截止式换向阀（安装尺寸 NG6）	12	500	D7300N	2.2	4
VB 型阀块	120	700	D7302	2.2	6
行程监控的换向阀	120	400	D7300H	2.2	4
CR 型控制阀	20/160	500/60	D7150	2.2	28
MV, MVS, MVE, MVP, SV, SVC, MVCS 和 DMV 型直动式压力阀, MVF, MVH 型组装阀, 组装式溢流阀, DMVN 型双联溢流阀	160	700	D7000/1, D7000E/1, D7000M, D7000TUV	2.3	4
DV, DVE 和 DF 型先导式压力阀	120	420	D4350	2.3	8
AL, AE 和 AS 型带单向阀的先导式压力阀	120	350	D6179	2.3	28
PMV 型比例溢流阀	120	700	D7485/1	2.3	12
PDV 型比例压力阀	120	350	D7486	2.3	12
CNE 型螺旋插装式卸荷阀	30	75	D7710	2.3	24
NE 型双级阀	25/180	700/60	D7161	2.3	26
PHV 型预卸荷式截止阀	200	500	D3056	2.5	
N 型吸油阀和回油控制阀	400	500	D4416	2.5	
F 型单向阀和充液阀	4000	400	D6960	2.5	16
DG, DG5E 型电液压力继电器		800	D5440, D5440E	4	4

地面输送车辆和起重机械用的液压元件（例如：叉车、升降机械等）

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
SW, SWR, SWP 的 SWS 型电磁换向阀	25	315	D7450, D7451, D7951	2.1	12
WSR 型换向阀	25/40	315	D6560WSR	2.1	
DL, DLS 型多路换向阀	90	315	D7260/1	2.1	20
DLSR 型多路换向阀	80	250	D7260SR	2.1	20
EM,EMP 型 2/2 截止式换向阀	160	450	D7490/1	2.2	22
HSV, HZV 型升降阀	120	315	D7032	2.2	26
HMT 和 HMC 型升降控制模块	90	315	D7650, SK7650B2, SK7650B33	2.2	30
HMB, HSN, HST, HMS, HMF, HMR 型升降控制模块	90/100	315	SK7758HMT 等	2.2	30

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
MV, MVS, SV, SVC, MVCS 和 DMV 型直动式压力阀, MVF, MVH 型组合阀, 组合式溢流阀, DMVN型双联溢流阀	160	700	D7000/1, D7000E/1, D7000M	2.3	4
BMVD 和 BMVE 型溢流阀	20	240	D7184	2.3	
VR 型单向背压阀	120	300/15	D7340	2.3	10
LHK和LHT平衡阀	250	400	D7100, D7918	2.3	32
SB 型两通流量控制阀 (下降限速阀)	400	315	D6920	2.4	6
DSJ型两通流量控制阀	25	315	D7825	2.4	6
CSJ型两通流量控制阀	10	315	D7736	2.4	6
TV 型分流集流阀与优先分流阀	60	300	D7394	2.4	10
BR 型紧急放油阀		400	D7854	2.4	
LB 型管路防爆阀	160	500	D6990	2.5	18
EV22K 型比例放大器			D7817, D7817/1	5	4
EV1M 型比例放大器			D7831/1	5	4
EV1G型比例放大器			D7837	5	4
PLVC型可编程的总线控制器			D7845	5	6

行走机械用的液压元件 (例如: 起重机械, 造船)

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
InLineV30D型V60N型轴向变量柱塞泵	365	350/420	D7960, D7960N	1.2	8
气动操纵的LP型液压泵	12	1500	D7280, D7280H	1.4	4
H, HD, HE 和 DH 型手动泵		600	D7147/1	1.5	4
SG 和 SP 型单只滑阀	100	400	D5650/1	2.1	4
S 型换向阀操纵方式 (型号: TypRE, RD, BE, BD, NE., NU., ND., NM, KD., KM., A., C., D., P., K., R., A., C., Y., V., S., U., W., X., P., BX., ZX, OX, TX., ME, MD, MU)			D5870, D6250, D6511/1, D7055	2.1	4
SKP 和 SKH 型换向阀	100	400	D7230	2.1	8
DL 和 DLS 型多路换向阀	90	315	D7260/1	2.1	20
SKS, SKV, SKG 型比例多路换向阀	120	315	D5700, D5700AM, D5700H, D5700K	2.1	
PSL, PSV, PSLF, PSVF 型比例多路换向阀	160/210	420	D7700-3, D7700-5, D7700-F	2.1	24
MV, MVS, MVE, MVP, SV, SVC, MVCS 和 DMV 型直动式压力阀, MVF, MVH 型组装阀, 组装式溢流阀, DMVN 型双联溢流阀	160	700	D7000/1, D7000E/1, D7000M	2.3	4
VR 型单向背压阀	120	300/15	D7340	2.3	10
LHK 型平衡阀	100	400	D7100	2.3	32
LHT 型平衡阀	250	400	D7918	2.3	32
LHDV 型平衡阀	80	420	D7770	2.3	32
SD, SF, SK, SKR 和 SU 型调速阀	130	300	D6233	2.4	4
SB, SQ 型两通流量控制阀 (下降限速阀)	400	315	D6920	2.4	6
SJ型两通流量控制阀	15	315	D7395	2.4	6
TQ 型分流阀	200	350	D7381	2.4	10
TV 型优先流阀	60	300	D7394	2.4	10
DT 型压力传感器		1000	D5440T	4	4
EV22K 型比例放大器			D7817, D7817/1	5	4
EV1M 型比例放大器			D7831/1	5	4
EV1G 型比例放大器			D7837	5	4
带发光二级管和自振荡二级管的插头 (型号: MSD, SVS, MSE, MSUD)			D7163	5	4
PLVC型可编程的阀控制装置			D7845	5	6

防爆设备用的液压元件

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
R 和 RG 型液压泵	91.2	700	D6010,D6010H, D6010D,D6010DB, D6010S	1.2	4
Z 型液压泵站	135	150	D6820	1.2	4
RZ 型双级泵	91.2/135	700/150	D6910,D6910H	1.3	4
气动操纵的LP型液压泵	12	1500	D7280, D7280H	1.4	4
SW, SWR, SWS, SWP 和 NSWP 型滑阀式电磁换向阀	25	315	D7450, D7451, D7451N, D7951	2.1	12
HSRL3 型多路换向阀	80	400	SK7493RL	2.1	16
PSL, PSV, PSLF 和 PSVF 型比例多路换向阀	210	420	D7700-3, D7700-5, D7700-F	2.1	24
P型截止式气动换向阀	65	700	D7300, D7300N	2.2	4
防爆换向阀(Ex)sG4型	65	700	D7300Ex	2.2	4
VB 型阀块	65	700	D7302	2.2	6
BVG, BVP 和 NBVP 型 2/2 和 3/2 截止式换向阀	20	400	D7400, D7765, D7765N	2.2	24
VP 型二位二通, 二位三通, 二位四通截止式换向阀	20	400	D7915	2.2	24
HSV 型升降阀	30	315	D7032	2.2	26

比例阀技术

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
AP型连接块		700	D6905AP	1.1	18
SKS, SKV 和 SKG 型多路换向阀	120	315	D5700, D5700AM, D5700H, D5700K	2.1	
SWS 型电磁铁控制的多路换向阀	25	315	D7951	2.1	12
PSL, PSV, PSLF, PSVF 型比例多路换向阀	160/210	420	D7700-3, D7700-5, D7700-F	2.1	24
BVZP1FEH型阀块	15	450	D7785B	2.2	18
EMP型带比例节流控制功能的二位二通截止式换向阀	60	400	D7490/1	2.2	22
PMV 型比例溢流阀	120	700	D7485/1	2.3	12
PDV 型比例压力阀	120	350	D7486	2.3	12
PDM 型比例减压阀	120	400/350	D7486, D7584/1	2.3	22
PDVE 型比例压力阀	120	350	D7486	2.3	12
PM和PMZ型比例减压阀	< 2	40/19	D7625	2.3	20
SE和SEH型比例调速阀	90	300	D7557/1	2.4	8
PB型比例节流阀	20	300	D7557/1	2.4	
DT型压力传感器		1000	D5440T	4	4
EV22K 型比例放大器			D7817, D7817/1	5	4
EV1SA 型比例放大器			D7818	5	4
EV1M 型比例放大器			D7831/1	5	4
EV1G型比例放大器			D7837	5	4
PLVC 型可编程的阀控制装置			D7845	5	6

HFA 乳化液和压力水用的液压元件

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
R...HFA, RG...HFA 型液压泵	91.2	700	D6010ff,	1.2	4
G,WG,H,P,K,T,F和D型操纵方式的截止式换向阀(HFA型)	120	500	D7300, D7300Ex, D7300N	2.2	4
VB 型阀块 (HFA- 结构)	120	500	D7302	2.2	6

500...700bar 工作压力的液压元件

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
FP和FPX型小型液压泵站	2.1	700	D7310	1.1	6
HC, HCG和HCW型紧凑型泵站	12.9	700	D7900, D7900G	1.1	8
MP 和 MPW 型液压泵站	14.8/108	700/150	D7200, D7200H	1.1	10
HK, HKF 和 HKL 型紧凑型泵站	12.9/16	700/150	D7600-4, D7600-3, D7600-2, D7600-3L	1.1	14
A, B, C 型阀块, 部分带回油过滤器和压力过滤器 (适用于 HC, MP, FP 和 HK 型紧凑型泵站)			D6905A D6905B, D6905C,	1.1	18
NA 型双级连接阀块		700/120	D6905A	1.1	18
R 和 RG 型液压泵	91.2	700	D6100, D6010H, D6010D, D6010DB, D6010S	1.2	4
直流电机驱动的 R 型液压泵站	约 19	700	D6010G	1.2	4
RZ 型双级泵	91.2/135	700/150	D6910, D6910H	1.3	4
RF 型双级泵 (用两孔的 SAE 固定法兰直接安装第二只泵)	30.4/...	700/...	D7410	1.3	4
气动驱动的 LP 型液压泵	12	1500	D7280, D7280H	1.4	4
HE 型手动泵		600	D7147/1	1.5	4
G, WG, H, P, K, T, F 和 D 型操纵方式的换向阀	25	700	D7300, D7300Ex	2.2	4
NG, NWG, NH, NP, NK, NT, NF 和 ND 型操纵方式的换向阀 (安装面 NG 6)	12	500	D7300N	2.2	4
VB 型阀块	25	700	D7302	2.2	6
CR 型控制阀	20/160	500/60	D7150	2.2	28
VH, VHR, VHP 型 4/3 和 3/3 截止式换向阀	25	700	D7647	2.2	34
DA 型单作用和双作用的截止阀	150	500	D1741	2.2	36
MVG, MVE, MVP 型小型溢流阀和背压阀	8	700	D3726	2.3	4
MV, MVS, MVE, MVP, SV, SVC, MVCS, DMV 和 DMVN 型直动式压力阀	70	700	D7000/1, D7000E/1	2.3	4
MVF, MVH 型组装阀					
SVP 型板接式溢流阀	80	700	D7722	2.3	
CMV 和 CSV 型螺旋插装式溢流阀	60	500	D7710MV	2.3	6
被检验的 CMVX 型螺旋插装式溢流阀	28	500	D7710TUV	2.3	6
PMV 型比例溢流阀	120	700	D7485/1	2.3	12
CDK 螺旋插装式压力调节阀	15	500	D7745	2.3	18
NE 型双级阀	25/180	700/60	D7161	2.3	26
CNE 型螺旋插装式卸荷阀	30	500/75	D7710NE	2.3	24
DSV 型压力锁阀	60	600	D3990	2.3	30
CDSV 型螺旋插装式压力锁阀	10	600	D7876	2.3	30
BC 型单向节流阀	60	700	D6969B	2.4	12
BE 型单向节流阀	120	500	D7555B	2.4	12
AV 型节流和截止阀	100	500	D4583	2.4	18
AVT.. 和 AVM 型截止阀	80	630	D7690	2.4	18
CAV 型螺旋截止式节流阀	50	500	D7711	2.4	18

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
N型吸油阀和回油控制阀	400	500	D4416	2.5	
RC 型单向阀	60	700	D6969R	2.5	4
ER, EK 型插装式单向阀	120	500	D7325	2.5	4
RK 和 RB 型螺旋型插装式单向阀	120	700	D7445	2.5	4
RE 型螺旋插装式单向阀	120	500	D7555R	2.5	4
CRK, CRB 型螺旋插装式截止阀	80	500	D7712	2.5	6
RHV型液控单向阀	200	500	D3056	2.5	
B 型单向阀	160	500	D1191	2.5	8
RHC 和 RHCE 型液控螺旋插装式单向阀	200	500	D7165	2.5	10
CRH 型螺旋插装式截止阀	55	500	D7712	2.5	10
HRP 型液控单向阀	140	700	D5116	2.5	12
RH型液控单向阀	160	700	D6105	2.5	14
DRH型双液控单向阀	140	500	D6110	2.5	14
N 型吸油阀和回油控制阀	400	500	D4416	2.5	
LB 型管路防爆破安全阀	160	500	D6990	2.5	18
HSE 和 HSA 型液压夹紧缸		500	D4711	3	4
DG, DG5E 型电液压力继电器		800	D5440, D5440E	4	4
DT 型电子压力传感器		1000	D5440T	4	4
AC型微型液压蓄能器		500	D7571	4	6

螺旋式插装阀与组装阀

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
EM, EMP 型 2/2 螺旋插装式电磁阀	160	450	D7490/1	2.2	22
BVE 型电磁铁控制的二位三通, 二位三通截止式换向阀	60	400	D7921	2.2	24
MVE 型小型溢流阀和背压阀	8	700	D3726	2.3	4
MV型组装阀MVE型直动式压力阀	160	700	D7000/1 D7000E/1	2.3	4
CMV 和 CSV 型螺旋插装式溢流阀	60	500	D7710MV	2.3	6
结构被检的 CMVX 型螺旋式插装式溢流阀	28	500	D7710TUV	2.3	6
ADC, AM, ADM 和 ADME 型小型减压阀	8	300/70	D7458	2.3	14
CDK 型螺旋插装式减压阀	15	500	D7745	2.3	18
PM 型比例减压阀	< 2	40/19	D7625	2.3	20
CNE 型螺旋插装式卸荷阀	30	500/75	D7710NE	2.3	24
CDSV 型螺旋插装式卸荷阀	10	600	D7876	2.3	30
LHK..E和LHT..E型平衡阀	120	420	D7100, D7918	2.3	32
SB, SQ 型两通流量控制阀 (下降限速阀)	400	315	D6920	2.4	6
SJ型两通流量控制阀	15	315	D7395	2.4	6
DSJ型两通流量控制阀	25	315	D7825	2.4	6
CSJ型两通流量控制阀	10	315	D7736	2.4	6

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
EB 型插装式节流阀	120	500	D6465	2.4	12
BC 型单向节流阀	60	700	D6969B	2.4	12
BE 型单向节流阀	120	500	D7555B	2.4	12
FG 型微型节流阀	< 1	300	D7275	2.4	14
Q, QR 和 QV 型节流阀	80	400	D7730	2.4	14
AV.E 型节流和截止阀	100	500	D4583	2.4	18
CAV 型螺旋式节流截止阀	50	500	D7711	2.4	18
RC 型单向阀	60	700	D6969R	2.5	4
ER, EK 型插装式单向阀	120	500	D7325	2.5	4
RK和RB型螺旋插装式单向阀	120	700	D7445	2.5	4
RE型螺旋插装式单向阀	120	500	D7555R	2.5	4
CRK 和 CRB 型螺旋插装式单向阀	80	500	D7712	2.5	6
RHC和RHCE型液控螺旋插装式单向阀	200	500	D7165	2.5	10
CRH 型螺旋插装式液控单向阀	55	500	D7712	2.5	10
LB 型管路防爆安全阀	160	500	D6990	2.5	18
WVC 型梭阀	6	315	D7016	2.5	20
HSE 型液压夹紧油缸		500	D4711	3	4
DG, DG5E 型电液压力继电器		800	D5440, D5440E	4	4
DT 型电子压力传感器		1000	D5440T	4	4
AC型液压蓄能器		500	D7571	4	6
HF型高压网筛片	100		D7235	4	8

具有各种机构质量认可证书的液压元件(TÜV, GL 汽车制造业)

名称	Q _{max} (l/min)	P _{max} (bar)	样本号	章节	页次
经德国技术监督协会 (TÜV) 检验的元件					
经检测的装有溢流阀的连接块AX型 (适用于 HC, MP, FP 和 HK 型紧凑型泵站)			D6905TÜV	1.1	18
经检测的 MV.X 型溢流阀	80	450	D7000TÜV	2.3	4
经检测的 CMVX 型螺旋插装式溢流阀	28	500	D7710TÜV	2.3	6
经德国劳氏社 (Germanischer Lloyd) 检测的元件					
SG和SP型滑阀式换向阀	100	400	D5650	2.1	4
MV,MVS,MVE,MVP,SV,SVC,MVCS,DMV和DMVN型直动式压力阀,	70	700	D7000/1, D7000E/1,	2.3	4
MVF, MVH 型组装阀			D7000M		
VDM 型先导式减压阀	120	400	D5579	2.3	16
ADM 型减压阀	60	300/250	D7120	2.3	16
LHK 型平衡阀	100	400	D7100	2.3	32
SD, SF, SK, SKR 型调速器	130	300	D6233	2.4	4
SB, SQ 型两通流量控制阀 (下降限速阀)	400	315	D6920	2.4	6
ED, RD 和 RDF 型节流阀和单向节流阀	150	500	D7540	2.4	16
B 型单向阀	160	500	D1191	2.5	8
RH 型液控单向阀	160	700	D6105	2.5	14
LB型管路防爆安全阀	160	500	D6990	2.5	18

附录

汽车制造商认可选用的液压元件

BMW	小型泵站（容积<40 升以下）	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
	径向柱塞泵	1.2, 1.3
	截止式换向阀	2.2
MERCEDES-BENZ	小型高压泵站	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5
	截止式换向阀（NG6）	2.2
	（RH, DRH）液控单向阀	2.5
	（HSA, HSE）夹紧元件	3
	液压泵站（油箱容积小于 63 l） （型号：HC, MP, HK）	1.1, 1.2
VOLKSWAGEN, AUDI	气压驱动的液压泵（LP 型）	1.4
	截止式换向阀（NG6）	2.2
	小型高压泵站	1.1, 1.2, 1.3
FIAT	阀	2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5
	小型液压泵站	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
OPEL	径向柱塞泵	1.2, 1.3
	管接式阀	2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5
FORD	小型液压泵站	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
	径向柱塞泵	1.2, 1.3
	阀	2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5
PEUGEOT, CITROEN	小型液压泵站	1.1, 1.2, 1.3, 1.4
	径向柱塞泵	1.2, 1.3
	截止式换向阀	2.2

公式和单位

液压系统的设计和组成系统的元件的选择必须全面考虑多种影响因素，以满足系统的功能要求。

在这里，最重要的前提是，确定并计算出执行机构的相关参数。例如：负载（负载力、负载力矩或扭矩）、动作（行程、速度、转速、时间过程）等等。

然后，才能确定液压执行元件（液压马达、液压缸）、驱动装置（带驱动装置的泵）、控制和调节元件（带操纵方式的各种阀）以及连接件（管路、支路）。

此外，应考虑到噪声和热量对液压系统和元件的选用也会有影响。

下列公式可帮助您对液压系统近似计算。

液压元件

公式和说明

图形符号

基本公式（视为无损耗、静止状态）

通用

$Q = \frac{V}{t}$	力：	F
$V = A \cdot s$	压力：	p
$F = p \cdot A$	面积：	A
$P = \frac{F}{A}$	流量：	Q
$Q = A \cdot v$	速度：	v
$M = \frac{V \cdot p}{2\pi}$	容积：	V
$v = \frac{S}{t}$	时间：	t
	行程：	s
	扭矩：	M

液压缸 单作用

$$A[\text{mm}^2] = \frac{\pi}{4} d^2[\text{mm}]$$

$$V\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] = \frac{s[\text{mm}]}{1000t[\text{s}]}$$

$$F_s[\text{N}] = -0.1 \cdot p_b[\text{bar}] \cdot A[\text{mm}^2]$$

$$p_b[\text{bar}] = \frac{-10F_s[\text{N}]}{A_1[\text{mm}^2]}$$

$$Q_{zu}[\text{l/min}] = 0.06 \cdot A[\text{mm}^2]v\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$$

d: 活塞直径(mm)

A: 活塞面积 (mm²)

F_s: 力 (N)

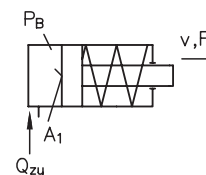
p_b: 工作压力 (bar)

v: 柱塞速度 ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$)

Q_{zu}: 流量 (l/min)

S: 行程 (mm)

t: 时间: (s)



液压元件

公式和说明

图形符号

双作用

外伸

基本公式

$$A_1 = \frac{\pi}{4} d_1^2 \approx 0.78 d_1^2$$

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2)$$

$$p_1 \cdot A_1 = p_3 \cdot A_3 - F$$

$$p_1 = \frac{1}{A_1} (p_3 \cdot A_3 - F)$$

$$Q_{进} = A_1 \cdot v$$

$$Q_{出} = A_3 \cdot v$$

回程

基本公式

$$p_1 A_1 = p_3 \cdot A_3 + F$$

$$p_3 = \frac{1}{A_3} (p_1 \cdot A_1 - F)$$

$$Q_{进} = A_3 \cdot v$$

$$Q_{出} = A_1 \cdot v$$

A_1 : 活塞面积 (mm²)

A_3 : 活塞杆腔面积 (mm²)

d_1 : 活塞直径 (mm)

d_2 : 活塞杆直径 (mm)

F : 力 (N)

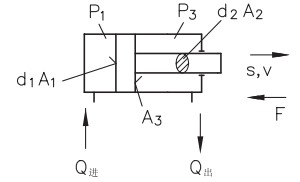
简化式

$$p_1[\text{bar}] = \frac{p_3[\text{bar}] \cdot A_3[\text{mm}^2] - 10F[\text{N}]}{A_1[\text{mm}^2]}$$

$$F[\text{N}] = \frac{-p_1[\text{bar}] \cdot A_1[\text{mm}^2] + p_3[\text{bar}] \cdot A_3[\text{mm}^2]}{10}$$

在 $Q_{出}$ 情况下, 从管道阻力和阀门阻力算得 p_3

注意: 可能产生压力倍增!



简化式:

$$P_3[\text{bar}] = \frac{p_1[\text{bar}] \cdot A_1[\text{mm}^2] - 10F[\text{N}]}{A_3[\text{mm}^2]}$$

$$F[\text{N}] = \frac{p_1[\text{bar}] \cdot A_1[\text{mm}^2] - p_3[\text{bar}] \cdot A_3[\text{mm}^2]}{10}$$

在 $Q_{出}$ 情况下, 从管道阻力和阀阻力算得 p_1

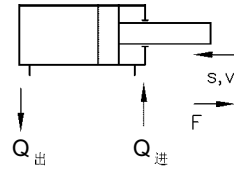
$Q_{进}$: 进油流量 (l/min)

$Q_{出}$: 出油流量 (l/min)

p_1 : 活塞侧压力 (bar)

p_3 : 杆侧压力 (bar)

s : 行程 (mm)



液压泵/马达

基本公式

$$\Delta p = p_1 - p_0^{1)}$$

柱塞泵每转排量:

$$V = A \cdot h \cdot \pi$$

流量:

$$Q = V \cdot n$$

平均扭矩:

$$M = \frac{V \cdot \Delta p}{2\pi}$$

功率:

$$P_{hydr} = \Delta p \cdot Q$$

输出功率 (马达)

$$P_{mech} = \frac{\Delta p \cdot Q}{\eta_T} = \frac{M \cdot 2\pi n}{\eta_T^{2)}$$

输入功率 (泵)

$$P_{max} = \Delta p \cdot Q \cdot M_T = M \cdot 2\pi n \cdot \eta_T^{2)}$$

V : 排量 (cm³)

A : 有效面积 (mm²)

h : 双行程 (mm)

n : 转速 (U/min)

M : 平均扭矩 (Nm)

p : 压力 (bar)

Δp : 有效压力 (bar)

Q : 流量 (l/min)

P_{hydr} : 液压功率 (kW)

P_{mech} : 机械功率 (kW)

η_T : 总效率 (包括容积, 液压机械损耗)

P_{drive} : 驱动功率 (kW)

P_{out} : 液压马达输出功率 (kW)

1) p_0 由管道阻力和阀阻力计算而得

2) 效率 $\eta_T \approx 0.82$

经验值: 为了采用流量 $Q=1$ l/min 达到 500 bar 工作压力, 需用驱动功率约为 1 kW!

简化式:

$$V[\text{cm}^3] \approx \frac{A[\text{mm}^2] \cdot h[\text{mm}]}{318}$$

$$Q[\text{l/min}] \approx \frac{V[\text{cm}^3] \cdot n[\text{min}^{-1}]}{1000}$$

$$M[\text{Nm}] \approx \frac{V[\text{cm}^3] \cdot \Delta p[\text{bar}]}{62}$$

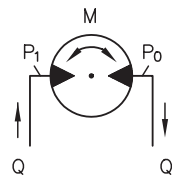
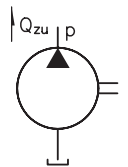
$$P_{hydr}[\text{KW}] \approx \frac{\Delta p[\text{bar}] \cdot Q[\text{l/min}]}{612}$$

$$P_{drive}[\text{KW}] \approx \frac{\Delta p[\text{bar}] \cdot Q[\text{l/min}]}{500}$$

$$P_{out}[\text{KW}] \approx \frac{\Delta p[\text{bar}] \cdot Q[\text{l/min}]}{740}$$

$$\approx \frac{M[\text{Nm}] \cdot n[\text{min}^{-1}]}{12000}$$

液压泵



液压元件

公式和说明

图形符号

阀
截止式换向阀
压力阀
流量阀
截止阀

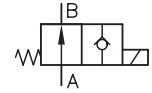
流动油液的压力损失
液压系统中的压力损失由下列几项组成

- 阀阻力
- 管道阻力
- 形状阻力

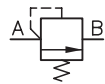
由流动油液引起阀的压力损失 Δp 可见有关样本资料中的 Δp -Q-K 特性曲线。
通常可考虑，在整个控制系统中，节流损失约为 20...30%。

示例:

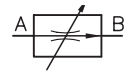
换向阀



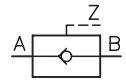
溢流阀



调速阀



液控单向阀



节流阀 (理想、尖角状)
例如: EB 型插装式节流阀 BC, BE 型单向节流阀

基本公式:

$$Q \approx \alpha \cdot \frac{\pi}{4} d^2 \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

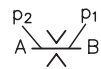
Q: 流量 (l/min)
 Δp : A 和 B 之间的压差
d: 节流阀直径 (mm)
 ρ : 密度 (约 0.9g/cm³)
 α : 流量系数 (约 0.78)

简化式:

$$Q \approx 0.58d^2[\text{mm}] \cdot \sqrt{\Delta p[\text{bar}]}$$

$$d \approx 1.31 \cdot \frac{Q[\text{l/min}]}{\sqrt{\Delta p[\text{bar}]}}$$

$$\Delta p \approx \left(\frac{(1.72Q[\text{l/min}])^2}{d^2[\text{mm}]} \right)$$



硬管 / 软管

选择硬管和软管直径应尽量使产生的流动阻力最小

基本公式

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad \lambda_R = \frac{64}{Re} \quad \Delta p = \lambda_R \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho}{2} v^2$$

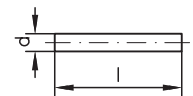
λ_R : 管子阻力系数
 Δp : 压力损失 (bar)
l: 管子长度 (m)
d: 管子直径 (mm)
 ν : 动态粘度 (mm²/s)
Q: 流量 (l/min)
Re: 雷诺数 (< 2300)
 ρ : 密度 (约 0.9g/cm³)
 v : 流通速度 ($\frac{m}{s}$)

简化式

$$Q[\text{l/min}] \leq 0.108 \cdot d[\text{mm}] \cdot v[\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}]$$

$$d[\text{mm}] \geq \frac{9.2 \cdot Q[\text{l/min}]}{v[\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}]}$$

$$\frac{\Delta p}{l} [\frac{\text{bar}}{\text{m}}] \approx \frac{6.1 \cdot v[\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}] \cdot Q[\frac{\text{l}}{\text{min}}]}{d^4 \text{mm}}$$



液阻元件

公式和说明

图形符号

形状阻力
(弯头等等)

基本公式

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} v^2 \quad v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

90° 弯头

$$\zeta = 0.15$$

直接管接头

$$\zeta = 0.5 \quad \text{简化式:}$$

角度接头

$$\zeta = 1.0$$

$$\Delta p[\text{bar}] = 2.2 \cdot \zeta \cdot \frac{Q^2[\text{l/min}]}{d^4[\text{mm}]}$$

 Δp : 压力损失(bar) ζ : 阻力系数 v : 动态粘度 (mm^2/s) d : 管子直径(mm) ρ : 密度($0.9\text{g}/\text{cm}^3$)

泄漏损失

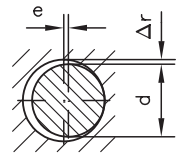
(通过同心 ($e = 0$)
和偏心的缝隙)

基本公式:

$$Q_L = \frac{\pi \cdot d \cdot \Delta r^3}{12 \cdot v \cdot \rho} \cdot \Delta p (1 + 1.5 \cdot \varepsilon^2)$$

 e : 偏心度 (mm) Δr : 缝隙尺寸 (mm) Δp : 压差(bar) d : 直径 (mm) v : 动态粘度 (mm^2/s) l : 缝隙长度 (mm) ρ : 密度(约 $0.9\text{g}/\text{cm}^3$) Q_L : 泄漏损失

$$Q_L = 1848 \cdot \frac{d \cdot \Delta r^3}{v} \cdot \frac{\Delta p}{l} (1 + 1.5 \cdot \varepsilon^2) \quad \varepsilon = \frac{e}{\Delta r}$$



容积变化

(因压力引起)

基本公式

$$\Delta V = \beta_p \cdot V_o \cdot \Delta p$$

$$\text{以 } \Delta p = p_2 - p_1$$

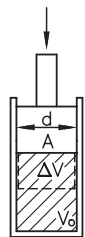
 p_1 : 初始压力(bar) p_2 : 终压力(bar) V_o : 原始容积(l) ΔV : 容积变化(l) β_p : 压缩性

简化式:

$$\Delta V = 0.7 \cdot 10^{-4} \cdot V_o \cdot \Delta p$$

$$\left(\text{以 } \beta_p \approx 0.7 \cdot 10^4 \frac{1}{\text{bar}} \right)$$

$$F = \Delta p \cdot A$$



容积变化

(因温度引起)

基本公式:

$$\Delta V = \beta_T \cdot V_o \cdot \Delta \vartheta$$

$$\text{以 } \Delta \vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$$

 ϑ_1 : 初始温度 ($^{\circ}\text{C}$) ϑ_2 : 最终温度 ($^{\circ}\text{C}$) $\Delta \vartheta$: 温度变化 (K) V_o : 原始容积 (l) ΔV : 容积变化 (l) β_T : 膨胀系数

简化式:

$$\Delta V = 0.7 \cdot 10^{-3} \cdot V_o \cdot \Delta \vartheta$$

$$\left(\text{以 } \beta_T \approx 0.7 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}} \right)$$

温升引起压力升高

(无容积平衡)

$$\Delta V = 0.7 \cdot 10^{-4} \cdot \Delta p = 0.7 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta \vartheta$$

$$\text{即 } \Delta \vartheta \approx 1\text{K} \triangleq \Delta p \approx 10\text{bar}$$

注意: 封闭式容积在温度升高的情况下会产生增压!

(必要时, 应考虑安装安全阀作为过载保护)。

经验值: 温度 1K 会使压力约升高 10bar。

液压元件

公式和说明

图形符号

蓄能器

液压蓄能器用来满足一定的突然出现的用油（快速、绝热状态变化），用于补偿泄漏和减振（缓慢、等温的状态变化）。



状态变化

基本公式：

$$p_1 = 1,1 \cdot p_0$$

等温 (缓慢)

等温（缓慢）

$$\Delta V = V_1 \cdot \left(1 - \frac{p_1}{p_2}\right)$$

绝热 (快速)

绝热（快速）

$$\Delta V = V_1 \cdot \left(1 - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{0,71}\right)$$

p_0 : 充气压力 (bar)

p_1 : 下限工作压力(bar)

p_2 : 上限工作压力(bar)

V_1 : 原始容积(l)

ΔV : 容积变化(l)

气蚀

油在大气压力含有 9%（容积）的溶解空气。气泡气蚀的危险产生于大气压力低于 0.2bar 时。它也会在泵和液压缸的吸油过程中，以及在外部分流部位上出现，大部分会发出噪声，并造成液压元件的磨损。

热量问题

液压系统中的功率最终以热量损失形式体现出来，且一部分热量则通过设备的表面释放。损失功率约为输入功率的20-30%。在发热后，输入与放出的热之间产生热量平衡。

$$\text{基本公式} \quad P_v = 0,3 \cdot P_{\text{hydr}} \quad \vartheta_{\text{油}} \approx \vartheta_{\text{环境}} + c \cdot \frac{P_v}{A}$$

自由环流的表面 $c \approx 7,5$

不良的空气循环 $c \approx 12$

自然气流($v \approx 2\text{m/s}$) $c \approx 4$

水冷却器 $c \approx 0,5$

简化式：

$$\vartheta_{\text{油max}} \approx \vartheta_{\text{环境}} + c \cdot \frac{0,3P_{\text{hydr}}[\text{kW}]}{A[\text{m}^2]}$$

P_v : 转换成热的损失功率 (KW)

P_{hydr} : 液压功率 (KW)

$\vartheta_{\text{油max}}$: 最高油温 (°C)

$\vartheta_{\text{环境}}$: 环境温度 (°C)

A: 设备表面面积 (油箱、管子等) (m^2)

换算表

物理量	符号	单位	≈	系数	单位
压力	P	$1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	≈	10	bar
		1 Mpa	≈	10	bar
		$1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	≈	1	bar
		1 psi	≈	0.07	bar
力	F	$1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$	=	1	N
		1 lbf	≈	4.45	N
长度, 位移, 行程	l, s, h	1 in	≈	25.4	mm
		1 ft	≈	304.8	mm
扭矩	M	$1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$	=	1	Nm
功率	P	1 PS, 1 hp	≈	0.74	kW
面积	A	1 ft ²	≈	92903	mm ²
		1 in ²	≈	645.16	mm ²
容积	V	1 ft ³	≈	28.92	l
		1 in ³	≈	$1.64 \cdot 10^{-2}$	l
		1 Uk gal	≈	4.55	l
		1 US gal	≈	3.79	l
温度	T, ϑ	$5 (^\circ \text{F} - 32) / 9$	≈	1	°C
质量	m	1 lb	≈	0.45	kg
动态粘度	v	1 cSt	=	1	$\frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$