

1.1 液压传动的定义

一部完整的机器主要由三部分：

原动机——传动机构——工作机

原动机：电动机、内燃机等

工作机：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。

原动机的功率和转速范围有限。工作机的工作力（转矩）和工作速度（转速）变化范围较宽的要求，及操作性能（如停车、换向等）的要求。

在原动机和工作机之间需设置传动机构（或称传动装置）

传动机构分为：

机械传动机构——链传动、齿轮传动、带传动等。

电气传动机构——电磁铁的运动等。

流体传动机构——流体传动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。

液体传动以液体为工作介质的流体传动。分为：

液力传动——主要利用液体动能及其转换来实现力和运动传递的液体传动（如离心式水泵、水轮机等）。

液压传动——主要利用液体压力能及其转换来实现力和运动传递的液体传动。

1.2 液压传动研究对象

性质——液压传动是研究在密闭系统中以有压液体为传动介质来实现各种机械的传动和控制的学科。

各种元件——基本控制回路（具有各种功能）

若干基本回路——能完成一定控制功能的传动系统来进行能量的转换与控制

研究对象：

- a. 了解传动介质的基本物理性质及其力学特性
- b. 各类元件的结构、工作原理和性能
- c. 各种基本回路的性能和特点
- d. 传动及控制系统的分析、设计和使用

1.3 液压传动技术的应用

液压传动经常应用在机床的如下方面：

a. 机床往复运动

龙门刨床的工作台、组合机床动力滑台、拉床刀杆等都是采用液压传动来实现高速往复运动。

采用液压传动可以大大地减少换向冲击，降低能量消耗，并能缩短换向时间，有利提高生产率和加工质量。

b. 机床进给运动

磨床砂轮架快进、快退运动地传动装置；六角车床及自动车床的刀架或转塔刀架；磨床、钻床、铣床、刨床的工作台；组合机床的动力滑台。

c. 机床仿形运动

车床、铣床、刨床运用液压伺服系统进行仿形加工，实现复杂曲面加工自动化。

d. 机床辅助运动

机床上的夹紧装置，变速操纵装置，丝杠螺母间隙消除机构，分度装置，工件和刀具的装卸、输送、储存装置，都采用了液压技术。

既简化机床结构，又提高机床的自动化。

可以预见，为满足国民经济发展的需要，液压技术也将继续获得飞速的发展，其在各个工业部门中的应用越来越广泛。

1.4 液压传动的工作原理

1.4.1 手动液压千斤顶为例

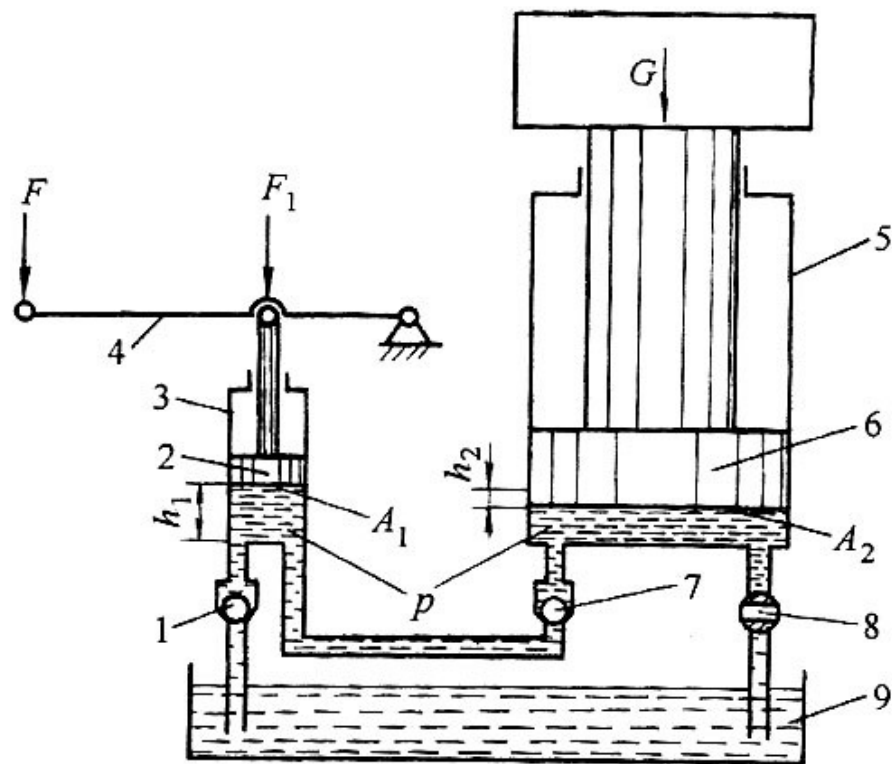


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

a. 提起手柄使小活塞向上移动——小活塞下端油腔容积增大，形成局部真空——左边单向阀打开——通过吸油管从油箱中吸油。

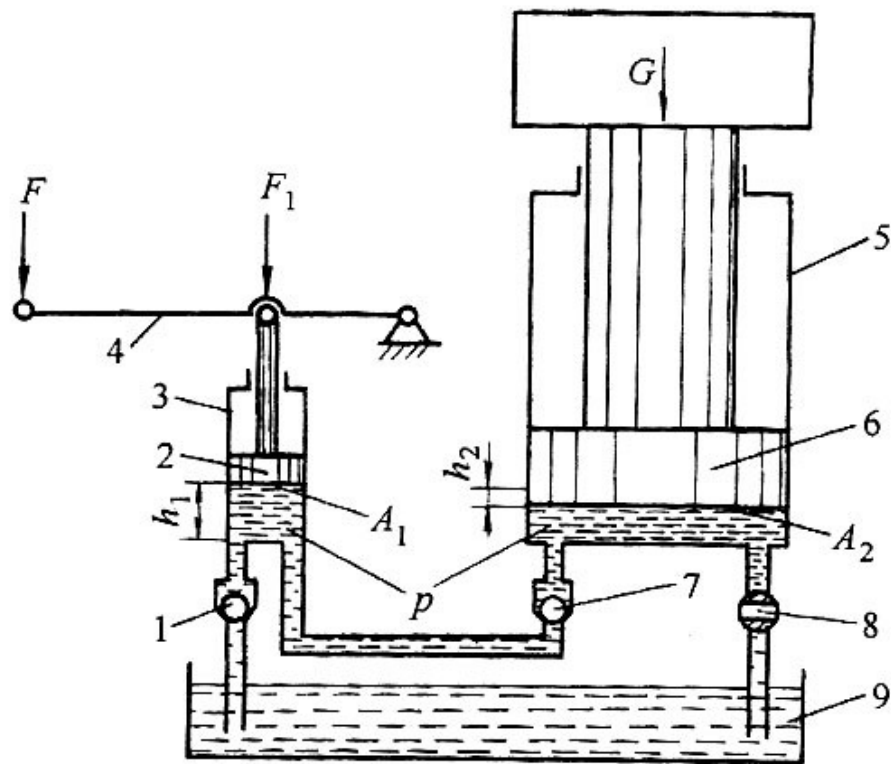


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

b. 用力压下手柄使小活塞下移——小活塞下腔压力升高——左边单向阀关闭，右边单向阀打开——下腔的油经管道输入举升液压缸的下腔——大活塞上移，顶起重物。

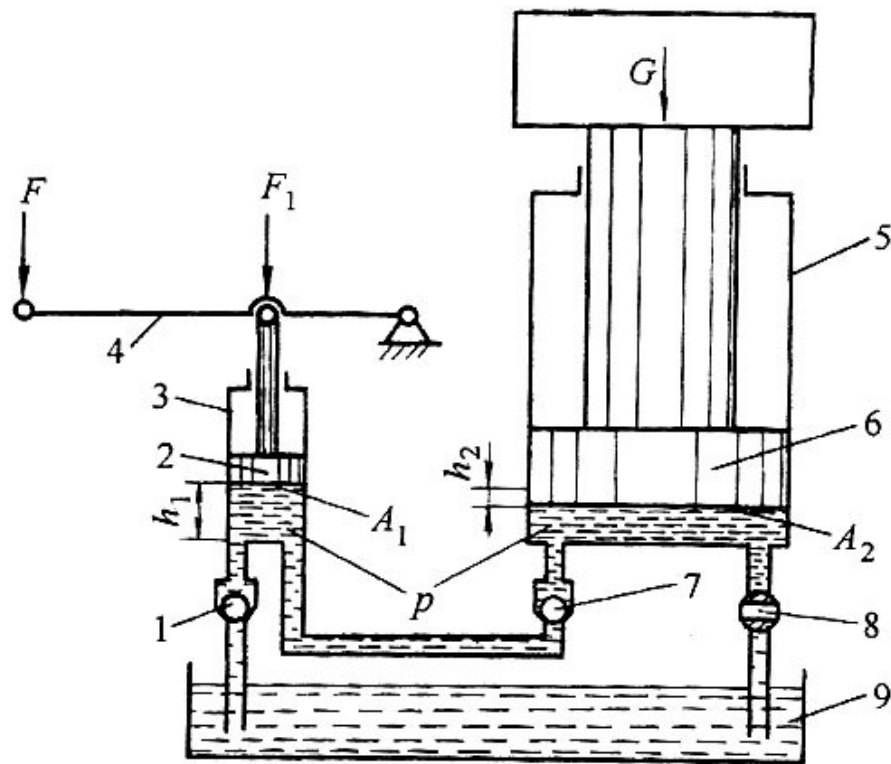


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

当再次提起手柄吸油时，举升缸下腔的压力油将力图倒流入手动泵内，但此时右边单向阀自动关闭，使油液不能倒流，保证重物不会自行下落。

。

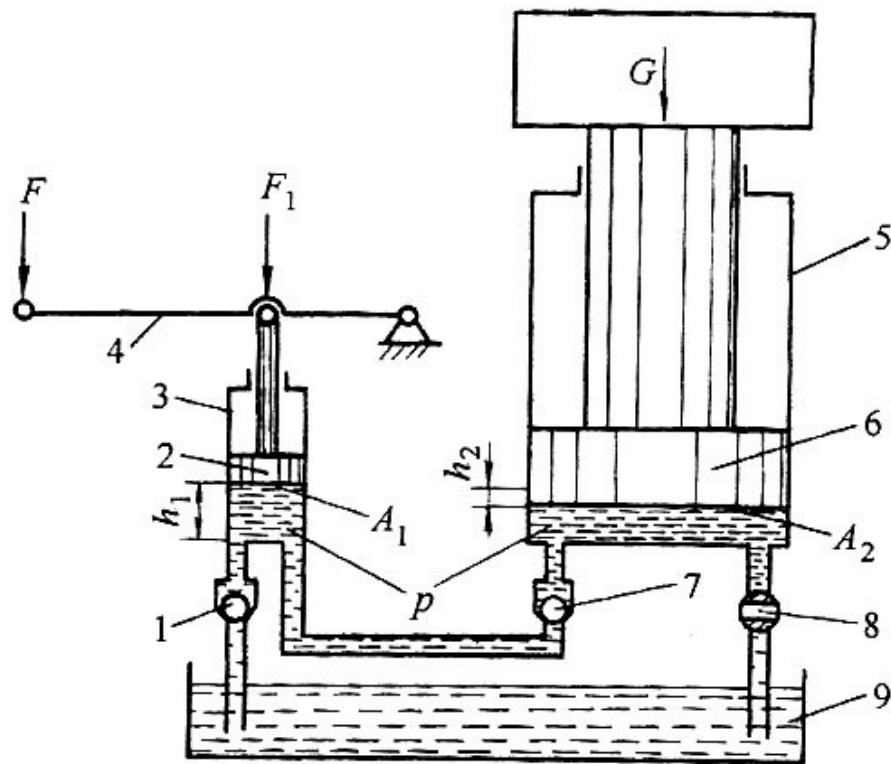
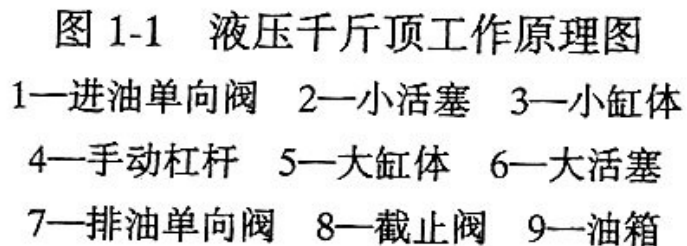


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

打开截止阀，举升缸下腔的油液通过管道，流回油箱，重物就向下移动。



1.4.2 分析

a. 力比例关系

当大活塞上有重物负载 G 时，大活塞下腔的油液就将产生一定的压力 p

$$p = G / A_2$$

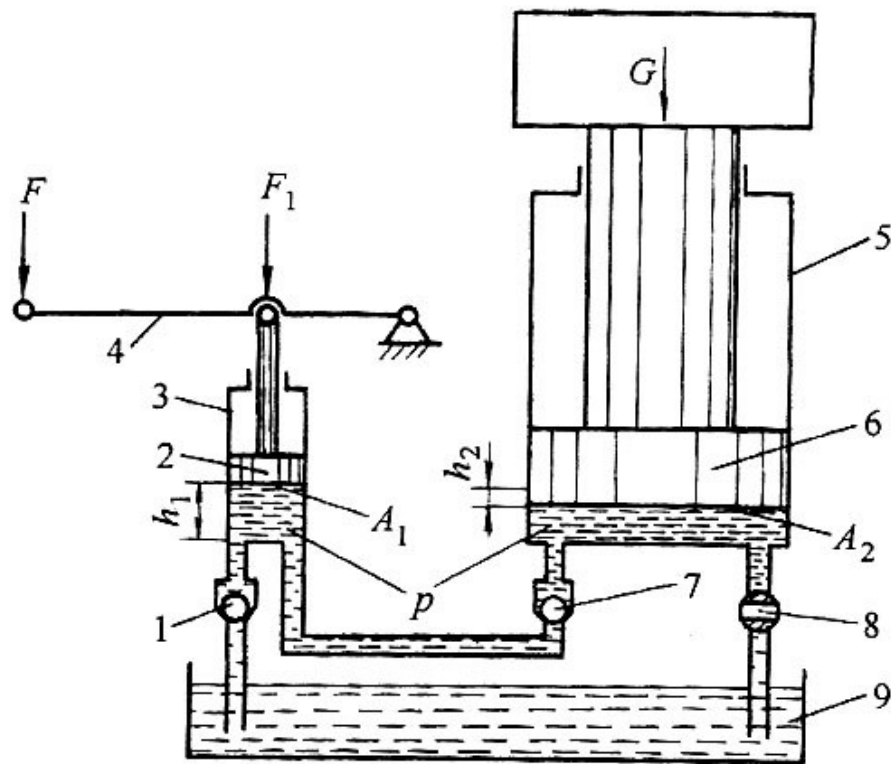


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

根据帕斯卡原理：
在密闭容器内，施加于
静止液体上的压力将以
等值传递到液体各点。

故要顶起大活塞及其负载 G ，
在小活塞下腔就必须产生
一个等值的压力 p

$$\text{即 } p = F_1 / A_1 = G / A_2$$

$$\text{或 } A_2 / A_1 = G / F_1 \quad (1-1)$$

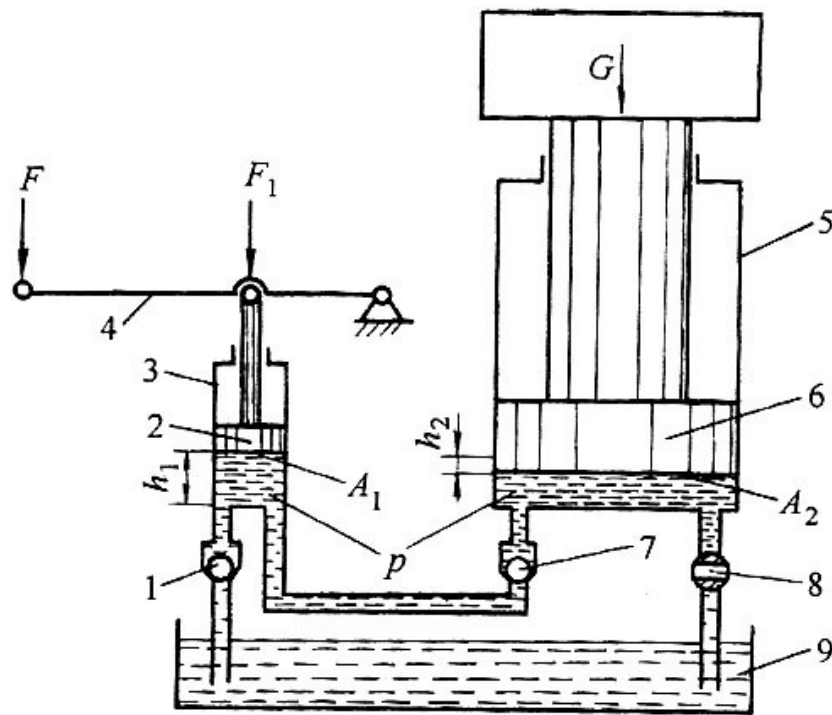


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

(1-1) 式为液压传动中力传递的基本公式

- a) 当负载 G 增大时, 流体工作压力 p 也要随之增大, 亦即 F_1 要随之增大。
- b) 若负载 G 很小时, 流体压力就很低, F_1 也就很小。

结论: 在液压传动中工作压力取决于负载, 而与流入流体的多少无关。

b. 运动关系：不考虑液体的可压缩性、漏损和缸体、油管的变形

被小活塞压出的油液体积必然等于大活塞向上升起后扩大的容积

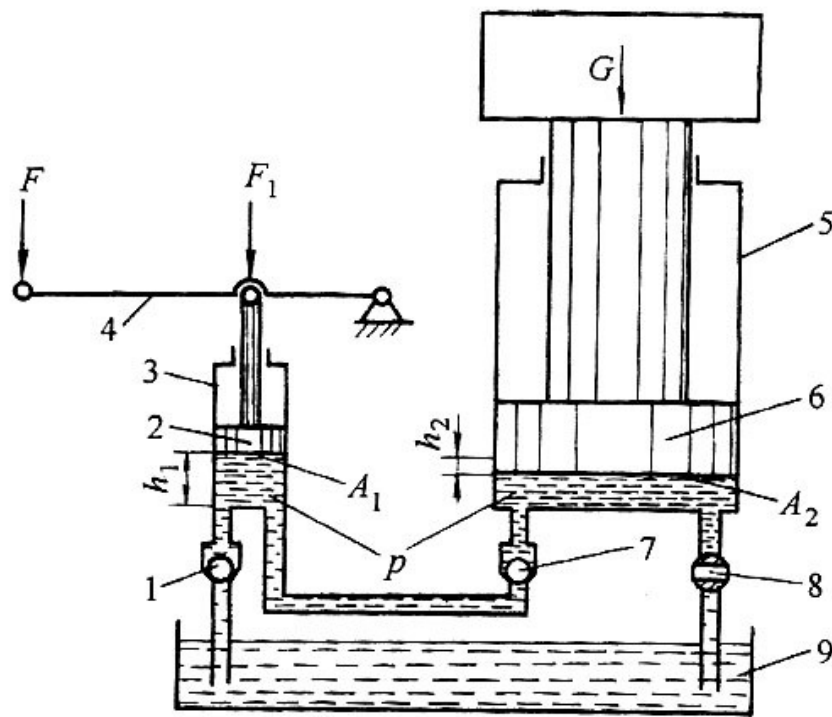


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

即

$$A_1 \bullet h_1 = A_2 \bullet h_2$$

$$\text{或 } \frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad (1-2)$$

式中 h_1 、 h_2 分别为小活塞和大活塞的位移

等式左边分子、分母
同除以活塞运动时间 t ,
得

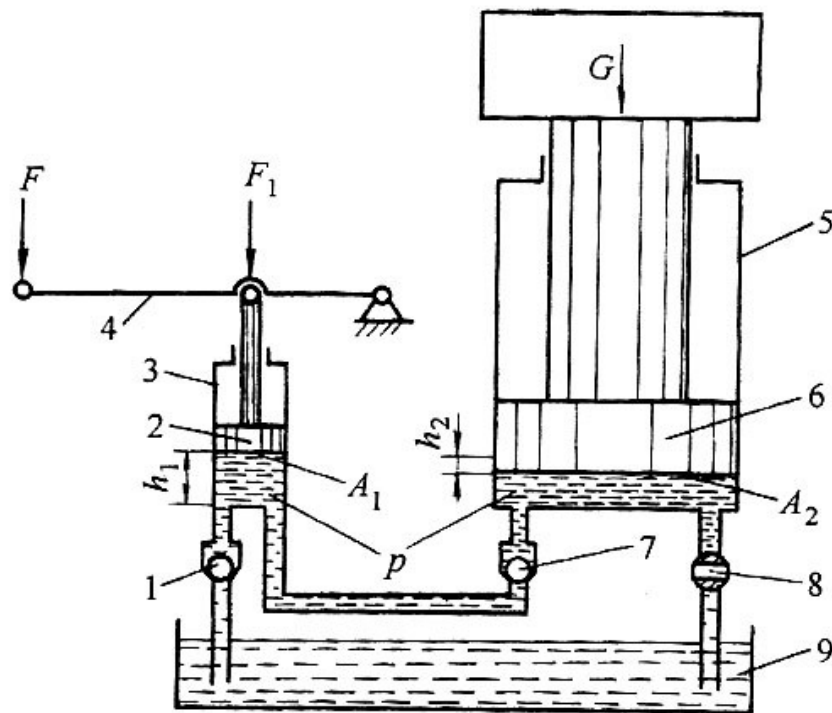


图 1-1 液压千斤顶工作原理图

- 1—进油单向阀 2—小活塞 3—小缸体
4—手动杠杆 5—大缸体 6—大活塞
7—排油单向阀 8—截止阀 9—油箱

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad \text{或} \quad A_1 \bullet V_1 = A_2 \bullet V_2 \quad (1-3)$$

即活塞的运动速度和活塞的作用面积成反比

$A \bullet V$ 即 $A \bullet \frac{h}{t}$ 的物理意义:

单位时间内流过截面积为 A 的某一截面的体积——流量 q

$$q = A \bullet V$$

若已知进入液压缸的流量 q ，则活塞的运动速度

$$V = \frac{q}{A}$$

调节进入液压缸的流量 q ，即可调节活塞的运动速度，故液压传动能实现无级调速。

从（1-3）式推出结论：活塞的运动速度取决于进入液压缸的流量，而与流体压力大小无关。

c. 功率关系：从（1-1）、（1-3）式知

$$\frac{G}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{V_1}{V_2} \quad \therefore \quad F_1 \bullet V_1 = G \bullet V_2$$

等式左边为输入功率，右边为输出功率。

此式表明：在不计损失的情况下，输入功率等于输出功率

$$P = p \bullet A_1 \bullet V_1 = p \bullet A_2 \bullet V_2 = p \bullet q$$

即液压传动中的功率 P ，可以用压力 p 和流量 q 的乘积来表示。

p 、 q 是液压传动中最基本、最重要的两个参数，相当于机械传动中的力和速度；电气传动中的电压和电流。

上述千斤顶的工作过程，就是手动机械能转换为液体压力能，又将液体压力能转换为机械能输出的过程。

1.4.2 液压传动的基本特征:

a. 以有压液体为工作介质传动必须经过两次能量转换

1) 机械能——压力能

2) 压力能——机械能

其工作压力取决于负载

b. 工作介质必须能在密封的容器内传动，且容积要发生变化。

传递速度的大小取决于流量

1.5 液压传动系统的组成

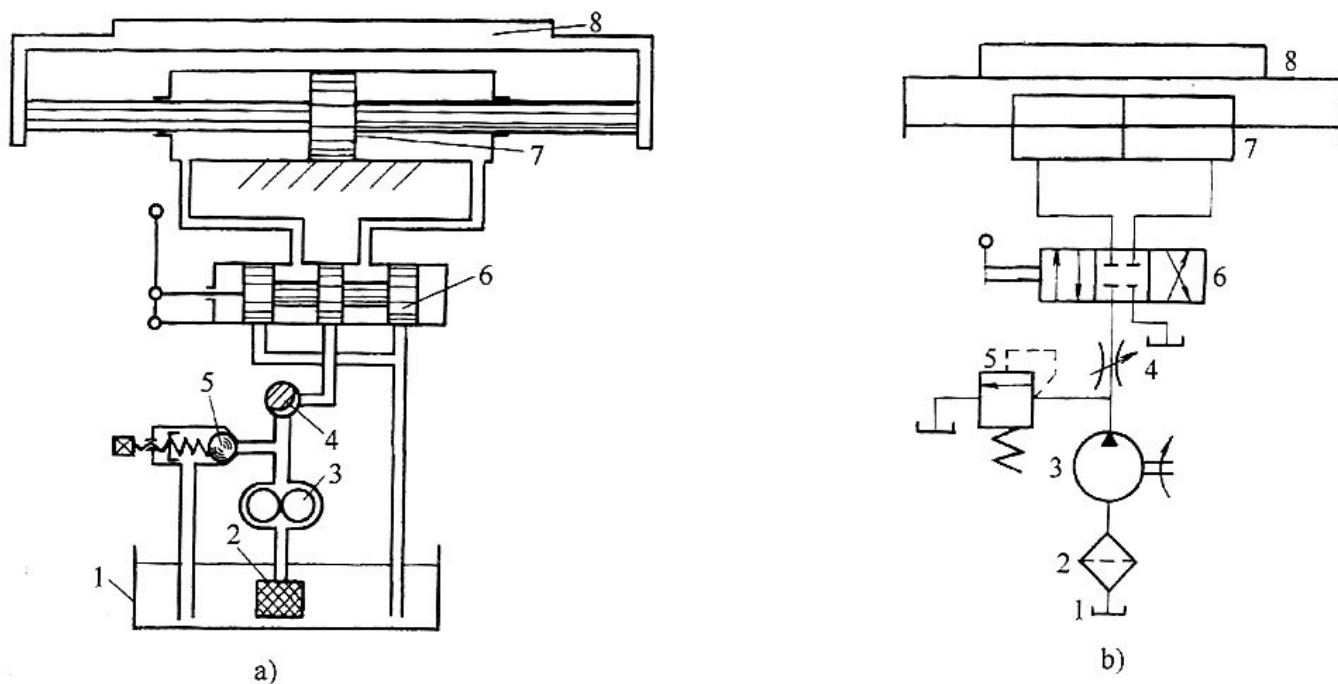


图 1-2 机床工作台液压系统的工作原理图

a) 结构原理图 b) 图形符号图

1—油箱 2—过滤器 3—液压泵 4—节流阀 5—溢流阀 6—换向阀 7—液压缸 8—工作台

- a. 能源装置：液压泵 机械能——压力能 为系统提供动力
- b. 执行装置：液压缸、油马达 压力能——机械能 带动负载进行直线运动或旋转运动
- c. 控制调节装置：控制和调节系统中液体的压力、流量、流动方向，以保证执行装置达到所要求的输出力（或力矩）、运动速度和运动方向
- d. 辅助装置：保证系统正常工作所需要的辅助装置，包括管道、管接头、油箱、过滤器和指示仪表等。
- f. 工作介质：

1.6 液压传动的优缺点

1.6.1 液压传动的优点

a. 拖动能力强

- 1) 功率 - 质量比大: 相同质量前提下, 液压传动的拖动力大、功率 (输出功率) 高。

即单位质量的设备所能输出的功率——指泵

- 2) 力 - 质量比高: 相同质量前提下, 输出的力大, 响应速度快, 具有优良的动态品质——指缸

b. 控制方式性能:

操作方便、省力，易于实现自动化，如与电气相配合，可较方便地实现程序动作和远程控制。

c. 能在很大范围内实现无级调速。

d. 易于实现过载保护，安全性好；采用矿物油作工作介质，自润滑性好。

1.6.2 液压传动的缺点

- a. 传动介质易泄漏和可压缩性，会使传动比不能严格保证；
- b. 能量传递过程中的压力损失和泄漏，使传动效率降低；
- c. 由于油液粘度随温度变化，容易引起工作性能的变化，液压传动装置不能在高温下工作；

- d. 液压控制元件制造精度高，系统工作过程中发生的故障不易诊断；
- f. 液压传动系统对油液的污染比较敏感，必须有良好的保护和过滤措施。