

孙九如 编著

煤矿液压技术

煤炭工业出版社

87
TD403
2
3

煤矿液压技术

孙九如 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书结合煤矿机械的液压系统，对液压技术的基础知识，常用元件的结构、原理，使用和维修，以及煤矿机械的基本液压回路和典型系统，以简单清晰的图示和通俗易懂的语言，深入浅出地做了分析和介绍。在书的每章后面例有“复习与思考题”，书末还附有常用“液压系统图形符号”。

本书可供煤矿机械专业的工人、技术人员和管理干部阅读，也可作煤矿中专教材和技工学校参考书。

责任编辑：陈 锦 忠

煤 矿 液 压 技 术

孙 九 如 编 著

*

煤 炭 工 业 出 版 社 出 版

《北京安定门外和平里北街21号》

煤 炭 工 业 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

*

开本850×1168¹/₃₂，

印张8³/₈。

字数 220千字

印数1—2,700

1986年6月第1版

1986年6月第1次印刷

书号15035·2769 定价1.65元



前 言

为了进一步在煤炭系统普及液压技术，解决一般初学者看图吃力、基础知识不易掌握的困难，本书在说明元件结构原理时，尽量采用清晰易懂的简化立体示意图；在介绍基础知识时，为避免枯燥乏味，尽量结合一般感性常识定性地突出基本概念，并注意内容的趣味性。在元件和液压回路的应用部分，则紧密结合煤矿机械液压系统实例，为读者进一步学习专用煤矿设备的液压部分打下良好基础。同时，为了开阔眼界、启发思考、推动革新，也介绍了一些煤矿机械目前尚未用到的新技术。

本书由吴锦甫同志精心审校，在此谨致谢意。

由于编者水平有限，书中肯定会存在缺点和错误，恳望读者批评指正。

目 录

第一章 什么是液压传动	1
广泛应用——从天上到地下 (1) 千斤顶——小巧的大力士 (2) 巧妙的控制 (4) 技术特点 (6)	
第二章 流体力学基本知识	7
“一发千钧”的奥秘 (7) 压力的两种表示法 (11) 你想得到吗? (13) 自来水管为什么会振动? (17) 水的沸腾温度是多少, 你知道吗? (18) 两个重要的方程式 (19) 水能作为液压传动的介质吗? (21) 水和油的混合液 (29)	
第三章 液压系统的核心——油泵	31
油泵之冠——轴向柱塞泵 (34) 运转平稳、供油均匀的叶片泵 (46) 结构简单的齿轮泵 (51) 体积紧凑的转子泵 (58) 流量均匀的螺杆泵 (60) 油泵的联合工作 (62) 液压支架的动力源——乳化液泵 (64) 各类泵的比较、选择和使用 (67)	
第四章 做回转运动的执行机构——油马达	70
压力油输入油泵时将会怎么样? (70) 单作用径向柱塞式油马达 (73) 内曲线油马达 (76) 后果严重的“反链敲缸” (83) 液压马达的主要参数 (85)	
第五章 做往复运动的执行机构——油缸	89
采煤工作面的钢铁长廊怎么会行走的 (89) 一种有趣的联接方式 (97) 撇图钉的道理 (99) 工艺简单的柱塞式油缸 (100) 使工作机构摆动的油缸 (102) 同步油缸 (103) 油缸的结构和材料 (105) 油缸的密封 (109) 油缸的基本参数 (112)	
第六章 液压系统的控制元件——阀	117
油路中的单行道 (117) 油路中的交通警——换向阀 (122) 系统压力的控制者——溢流阀 (134) 控制工作次序的顺序阀 (138) 降低油路压力的减压阀 (141) 用液压控制电器的元件——压力继电器 (143) 调节机构运动速度的流量控制阀 (144) 控	

制油缸同步的分流阀 (147) 电液比例阀 (148) 阀的连接形式 (152) 阀的系列与规格 (156)

第七章 不可缺少的辅助元件..... 157

滤油器 (157) 蓄能器 (160) 油管 and 管接头 (161) 油箱 (164) 冷却器和加热装置 (165)

第八章 实现自动控制的桥梁——液压随动系统..... 168

什么是液压随动系统 (168) 液压随动系统在采煤机中的应用 (175) 使车辆转向省力的液压助力器 (184) 电液随动系统 (186)

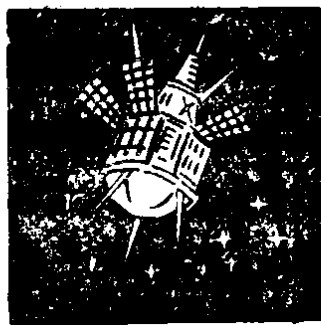
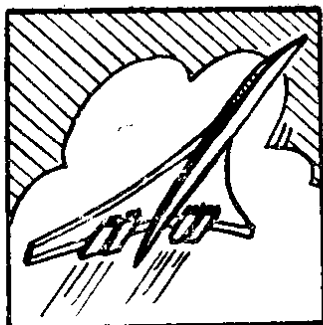
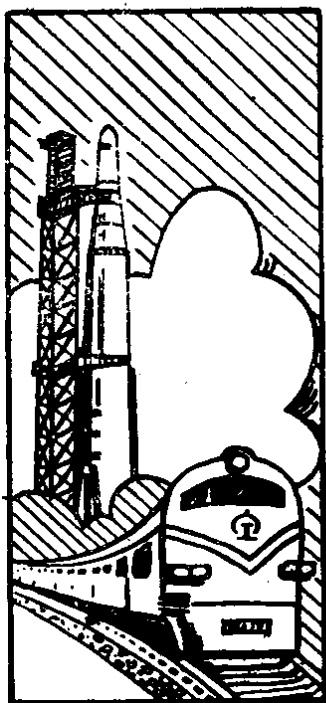
第九章 煤矿机械的液压系统..... 193

液压系统的两种基本型式 (193) 液压系统的基本回路 (195) 煤矿机械的典型液压系统 (200) 煤矿机械液压系统故障的查找 (232)

第十章 液压元件的性能试验..... 240

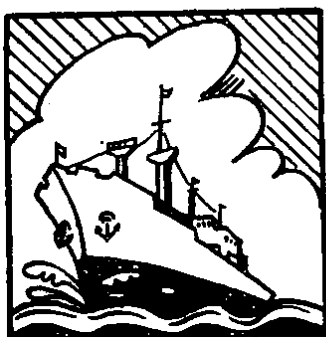
油泵的性能试验 (240) 油马达的性能试验 (243) 油缸性能试验 (248) 压力阀性能试验 (248) 试验用的测量仪表 (249)

附录 液压系统图图形符号

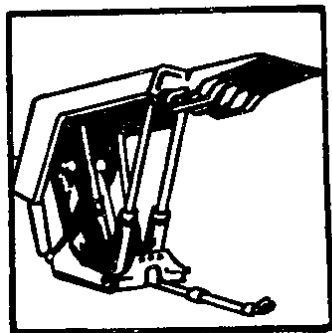


第一章 什么是液压传动

“液压技术”是近代迅速发展起来的一门新兴技术，它主要包括“液压传动”与“液压控制”两部分。而“液压传动”则是整个“液压技术”的基础，也是本书所要重点介绍的内容。



广泛应用——从天上到地下



“液压传动”这一新技术，你可能还感到有些陌生，但在你的周围环境中，却经常能看到这种新技术的应用。例如，自卸式卡车的车厢能自动倾斜上升，将物料一泻而空；液压挖掘机的挖斗能灵活自如地挖掘、移动、倾卸；采煤机运行时能根据煤的硬度、负荷的大小而自动地无级调速；号称井下钢铁走廊的液压支架轻巧地升降、推移；需要操纵力矩达几十吨米的远洋巨轮方向舵的操纵；飞机方向舵、副翼、襟翼、火炮以及起落架的控制；几个月才缓慢而又平稳地转一周的天文望远镜的镜头转动……等等，都采用了液压传动技术。现在，这种技术已广泛用于矿山、起重、运输、机床、飞机、导

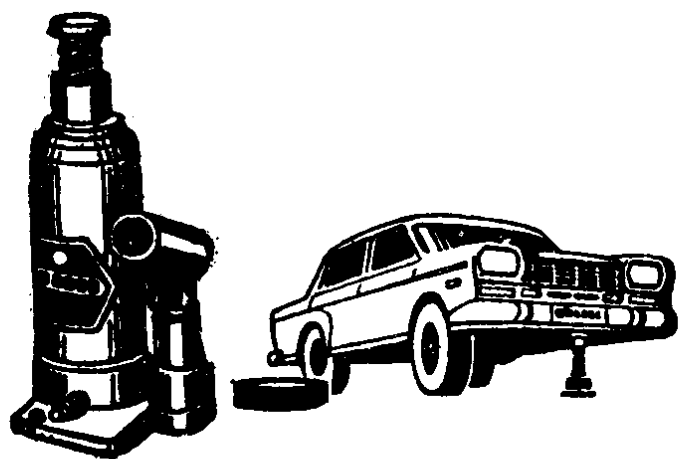


弹等各个领域。

液压技术的历史并不太长，但发展十分迅速。自1795年制成了第一台水压机起，液压技术开始进入了工程领域。到1935年前后，这种技术首先用于机床工业。第二次世界大战期间，液压技术用来装备军舰、飞机、火炮的控制系统。到了五十年代后，在工业、农业、国防等各个部门都广泛地采用了液压传动技术。尤其是近十多年来，液压技术得到了更迅速的发展。

为什么液压技术发展这样快，应用如此广呢？它究竟是怎么回事，有何特点呢？下面用两个例子来说明。

千斤顶——小巧的大力士



在生产中常用的起重工具油压千斤顶，就是利用液压传动的原理进行工作的。它结构紧凑，使用方便。从图 1-1 中可以看到，千斤顶由两个油缸以及单向阀（只准油液朝一个方向流动的阀门）、放

油塞、油箱、管道、手柄等组成。当扳动手柄带动小活塞上下运动时，小活塞泵就不断地从油箱经管道 1 和左侧单向阀吸油，又经管道 2 和右侧单向阀向大油缸排油，使大活塞将重物慢慢升起。当需要将大活塞降下时，只要将放油塞打开，让大油缸中的油液流回油箱即可。从这个工作过程中，我们可以看到如下现象：

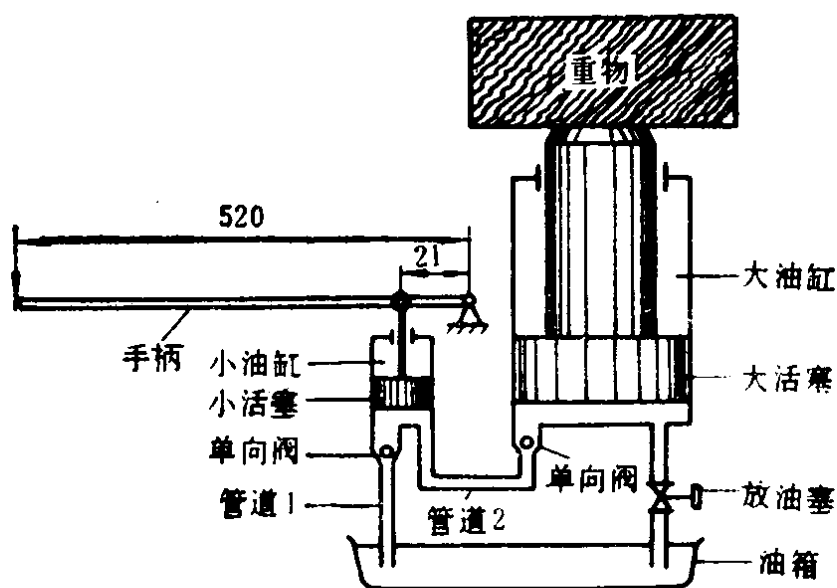


图 1-1 油压千斤顶

1. 手柄上只要加十几公斤的力，油缸中的大活塞就能顶起上千公斤的东西。这说明千斤顶能将力传递放大。

2. 在某一段时间内，要上下扳动手柄多次，小活塞从而累加移动了较大路程。但是，在同一时间内，大活塞却只上升了很小一点距离。这说明大活塞的运动速度比小活塞的运动速度小。也就是说，千斤顶有减速作用。

由此可见，千斤顶这个液压机构与齿轮传动一样，也能起到减速和放大力的作用。因此，可以用它来作为传动机构。

巧妙的控制

图1-2所示是一个油泵油马达的液压传动系统。其工作原理是这样的：电动机带动一个偏心圆盘旋转，偏心圆盘通过套在它外面的圆环使连杆上下运动，进而通过杠杆以O点为支点，带动油泵中的柱塞上下运动，进行吸油和排油。油泵排出的压力油经节流阀（通过阀的开启大小，控制通过油量的多少），换向阀（扳动阀的手柄，可改变油液进出油马达的方向），再送入油马达，推动转子叶片，使油马达转子带动外负载旋转。转子的转速高低，取决于单位时间内进入油马达中的压力油的多少。油压力的高低，则决定于油马达转子所带外负载的大小。为了改变油马达转子的转速，也就是等于要改变单位时间内进入油马达油液的多少，可以用以下两种方法：一种方法是，移动活动支点架，使杠杆支点O的位置改变，从而改变油泵柱塞每次的行程，使油泵

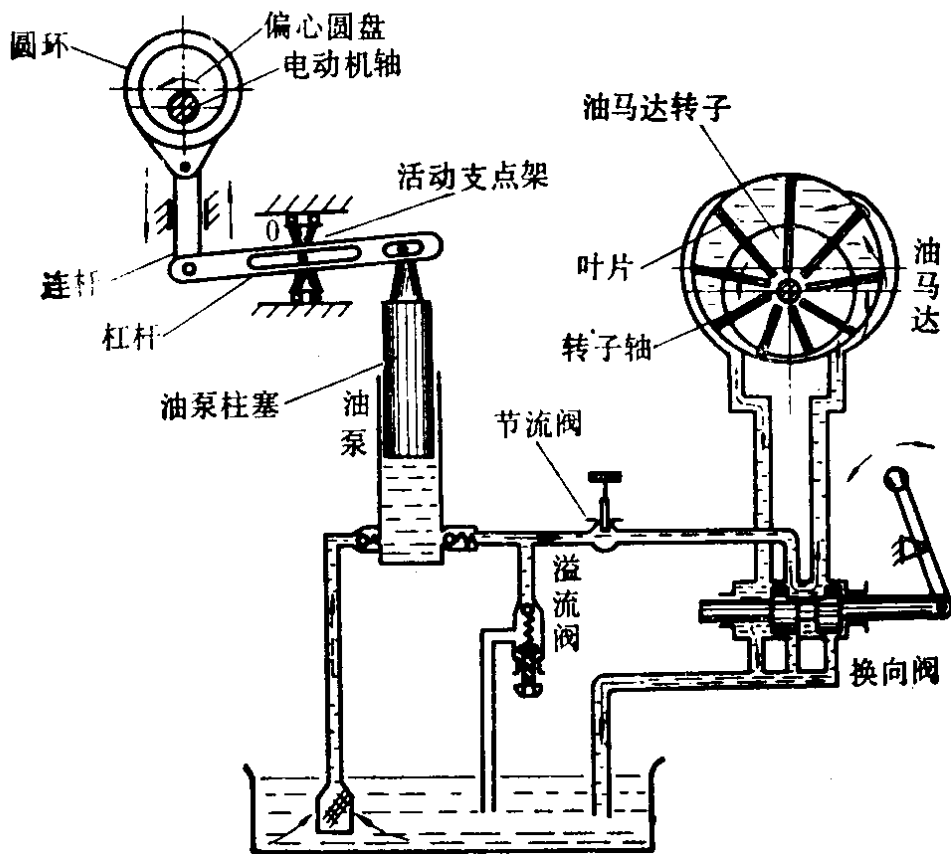


图 1-2 油泵油马达液压传动系统

排油量改变；另一种方法是，油泵排油量不变，通过操纵节流阀，改变进入油马达中的油量。此时，油泵所排出的多余压力油则经溢流阀流回油箱。若要改变油马达转子的转向，则只要操纵换向阀即可。溢流阀还可起到防止过载的作用，当油马达所带外负载过大，使系统中的油压力超过规定压力值（也就是我们预先调整好的，使溢流阀中的弹簧能被顶开的压力值）时，油液将从溢流阀流回油箱，使系统中的油压不再升高，电动机不致过载。由此可见，采用液压传动可以很方便地进行无级调速（连续地改变速度，而不是分几个挡变速）和换向，系统的过载保护也很简单可靠。这是机械传动所难以实现的。

从以上两例可知，液压传动系统由以下四个主要部分组成：

1. 油泵

将电动机的机械能（即电动机轴的转动角速度与轴的输出转矩的相乘积）通过油泵转换为油液的压力能（即油泵的供油压力与流量的相乘积），并利用压力油来传递力和运动。

2. 液动机

液动机包括油缸和油马达，它将油液的压力能转换为机械能，带动工作机构运转。

3. 液压阀

溢流阀、换向阀、节流阀等元件，它们都起一定的控制作用。如控制和调节液流的压力、流量和方向，以满足各种工作要求。

4. 辅助元件

包括滤油器、冷却器、蓄能器、油管、油箱以及各种控制仪表等。

液压系统中各部分的关系可用图1-3表示。

根据以上分析可知，液压传动就是一种可以控制的能量转换和传递的方式。

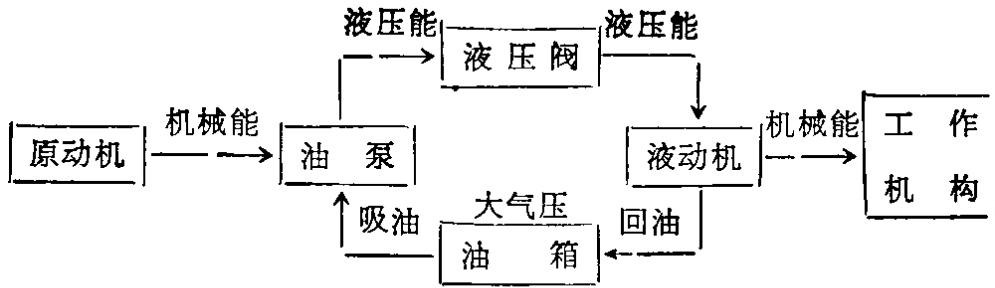


图 1-3

技术特点

在一定条件下，液压传动与电传动和机械传动相比，它具有体积小、重量轻、起动运转平稳、操纵简便、能有效地控制过载、能在较大范围内实现无级调速等优点，是某些机械实现自动化的一种有效方法。因此能够得到迅速的发展和广泛的应用。例如，油泵产生每一千瓦功率的重量（称为能容量）只有0.15~0.2公斤，而电机每产生一千瓦功率的重量为1.5~2公斤，油泵的重量仅为同功率电动机重量的10~20%。外形尺寸也仅为同功率电动机的13~21%。这对于希望尽量减轻本身重量的飞机和其它飞行器来说，显得特别重要。

但是，液压传动也存在一些缺点，如管路中有泄漏和压力损失；油温变化时，影响工作机构的性能；发生故障不易检查和排除等。然而，这些缺点也正在设法不断克服和改善。

在我们对液压传动系统的组成、原理有了一个初步认识之后，就可以看出，要想掌握液压传动技术，就需要了解：各液压元件的结构、原理；液压系统中传递能量的介质——油液的性质；液压传动技术所依据的理论基础——流体力学的一些基本知识；以及液压传动的一些典型基本回路。这些基本知识，就是以后各章所要讲解的。

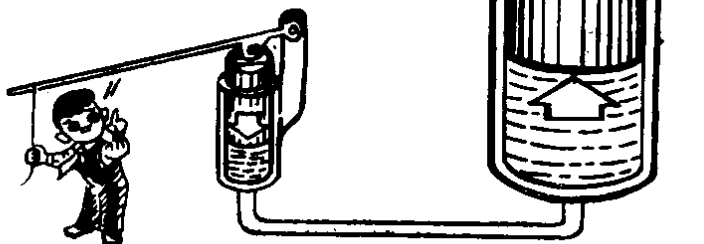
复习与思考题

1. 什么是液压传动？它是如何实现能量传递的？
2. 一个液压传动系统是由哪几部分组成的？各部分的功用是什么？
3. 液压传动有何特点？为什么具有这些特点？

第二章 流体力学基本知识

“一发千钧”的奥秘

在前面讲了千斤顶的例子，一个小小的千斤顶，通过人连续地扳动手把，就可举起千斤重物。在右图中较夸大地表示一个小孩要通过



“一发千钧”

拉一根头发丝就将好几吨重的大象顶起来。这些令人感到惊奇的例子都是根据什么原理呢？要回答这个问题，就得先了解液体对压力（或称压强）的传递特性。

当有外部压力作用于液体时，将会出现什么情况呢？我们取一个有许多小孔的空心球，球上连接一个圆筒，筒里有可以移动的活塞。把水灌进去，向下压活塞，水就从各个小孔喷射出来（图2-1）。这个实验表明，液体能够把它受到的压力向各个方向传递。

那么，液体传递压力有什么规律呢？为了研究这个问题，我们先讲讲量度液体压力的压力计（或称压强计）。

图2-2是用U形玻璃管制成的压力计，管里装着有色液体，把扎有橡皮膜的金属盒用橡皮管连到左管上，橡皮膜没有受到压力的时候，U形管两边的液面高度一样，如果橡皮膜受到压力，U形管两边的液面高度就要发生变化：左管里液面下降，右管里液面上升。加在橡皮膜上的压力越大，两管里液面的高度差也越大。

现在我们利用这种压力计来研究液体传递压力的规律。如图

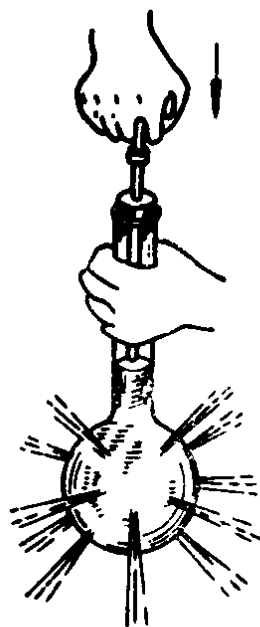


图 2-1

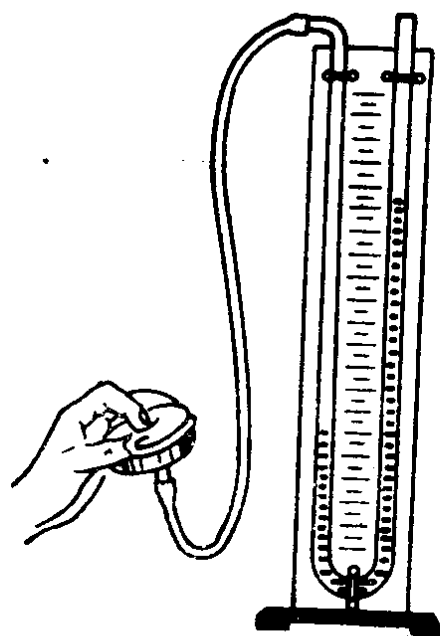


图 2-2 压力计

2-3所示，在广口瓶里装大半瓶水，塞紧瓶塞，塞子上插四根玻璃管，其中三根的下端插入水中不同深度，开口方向也各不相同，另一根接到三通管上，三通管的另外两端分别接到打气球和压力计上。这时瓶里的水面和三根玻璃管里的水面都在同一水平面上。

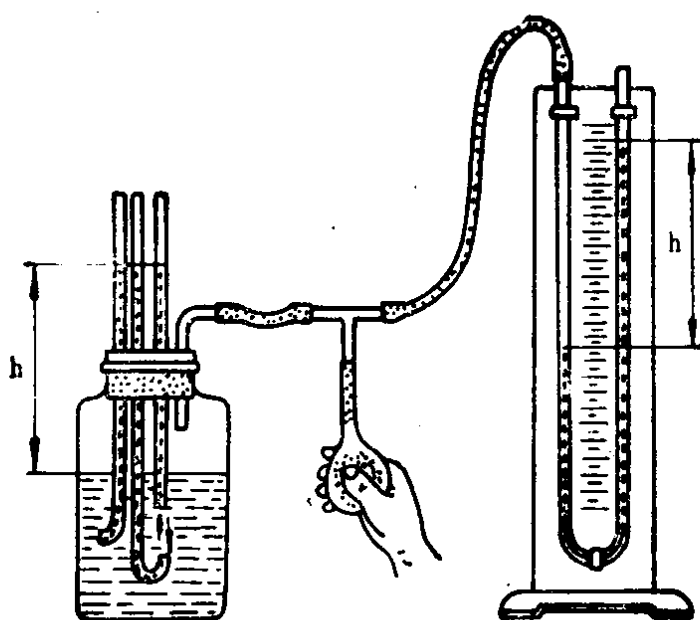


图 2-3

用手挤压打气球，三根玻璃管里的水面就上升，而且上升的高度一样。这说明，被压缩的空气对瓶里的水面产生的压力，被水传递到了各个玻璃管口。水里的三个玻璃管口虽然有的向上，有的向下，有的向旁侧，在水中的位置和深度都不同，但是管里的水面都上升到相同的高度。可见，液体向各个方向传递的压力都相等。

在这个实验里，我们还可以看到，三根玻璃管里水面上升的高度跟压力计的液面差 h 相等。压力计的液面差表示水面上受到的被压缩空气的压力。可见，液体向各个方向传递的压力都等于外力加在液面上的压力。

用别的液体做实验也得到相同的结果。因此，可得出结论：

加在密闭液体上的压力，能够按照原来的大小由液体向各个方向传递。这个定律是法国科学家巴斯加发现的，叫做巴斯加定律。

当我们了解了液体传递压力的特性之后，就可揭开“一发千钧”的奥秘了。现将千斤顶和小孩顶起大象的机构简化成图 2-4 的样子。

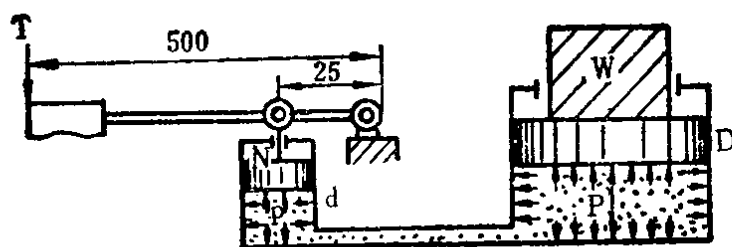


图 2-4

左面是小油缸，右面是大油缸。 W 是要举起的重物的重量， N 是施加在小油缸上的力， T 是人手掀动手柄的力。

当人手以 $T = 98$ 牛的力作用于手柄时，通过杠杆的放大：

$$T : N = 25 : 500$$

$$\text{则} \quad N = \frac{500}{25} \times 10 = 1960 (\text{牛})^*$$

就是说，通过杠杆，人手掀下98牛的力放大为1960牛了。

当 N 力压向小活塞时，小活塞下面的油液必定要产生与 N 力相平衡的力。小活塞底面油压的总作用力为 $p \cdot F$ （压力 \times 受压面积）。即 $N = p \cdot F$ 。

$$d = 2 \text{厘米}, \quad F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2)^2}{4}$$

$$\begin{aligned} \text{则} \quad p &= \frac{N}{F} = \frac{1960}{\pi (0.02)^2} \times 4 = 627.8 \times 10^4 (\text{帕}) \\ &= 6.278 (\text{兆帕})^{**} \end{aligned}$$

从前面所讲的巴斯加原理可以知道，在这样一个密闭容器内，作用于油缸壁上的压力都为6.278兆帕(64公斤力/厘米²)。因此这个力就传到大活塞底面上去了。由于大活塞的面积大，所以大活塞所受油液向上顶的总作用力就比作用在小活塞上的 N 力大得多，即 $P = p \times \frac{\pi D^2}{4}$ ；

$$D = 10 \text{厘米}$$

$$\text{则} \quad P = 627.8 \times 10^4 \times \frac{\pi (0.1)^2}{4} = 49282 (\text{牛})$$

所以，用98牛的力掀在手柄上，经过杠杆放大和大小活塞的液压增力，就可顶起49282牛的重物。杠杆两段的比值和大小活塞面积的比值越大，则力的放大倍数也就越高。“一发千钧”的奥秘就在于此。

千斤顶中的小油缸实际上是一个手动小油泵。利用千斤顶举起重物时，重物（即负载），通过活塞作用于工作液体的压力（ p ），就是油泵的供油压力。显然，油泵的供油压力是由作用于活塞上的负载大小决定的，负载越大，供油压力则越高。当

*，1公斤力=9.8牛，1公斤力/厘米²=9.8 \times 10⁴帕=9.8 \times 10⁴牛/米²；

**，1兆帕=10⁶帕。

然，油泵的供油压力也不能无限增大，它还受到油泵各部件之间的密封性能，油泵结构的机械强度和功率大小的限制。油泵铭牌上所标出的最大压力值就是考虑了这些影响之后所规定的正常最大允许工作压力。我们一定要注意，切不要误认为油泵铭牌上标定的额定压力值是多大，油泵实际工作中的供油压力就一定有这样大，油泵实际的供油压力是取决于油缸或油马达所带负载的大小。

压力的两种表示法

图2-5 是表示一个盛满水的杯子，如果用厚纸片把杯口盖住，手按住纸片把杯子倒过来，当把手放开后，我们会看到纸片并不掉下来。这个实验说明：大气对纸片向上的压力把纸片托住了，使它不致掉下来。

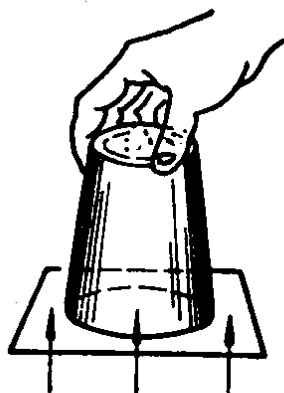


图 2-5

大气产生的压力，称为大气压力。以符号 p_a 表示，在海平面处 $p_a = 10.13 \times 10^4$ 帕由于大气压是由大气层的重量产生的，在离开地面越高的地方，大气层的厚度越薄，因而，那里的大气压也就越小。在工程计算中，为了计算方便，常将 9.81×10^4 帕的压力定为一个工程大气压。

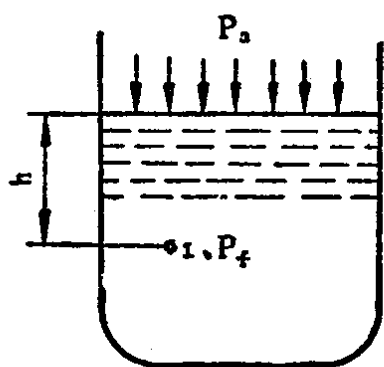


图 2-6 绝对压力和相对压力示意图

在研究液体压力时，我们常常会见到绝对压力和相对压力的两种提法。那么，什么是绝对压力，什么是相对压力呢？设一容器中盛有液体，如图2-6所示，液面上的压力为大气压力 p_a ，液面下深度为 h 处的一点 f 所承受的作用力，比液面还要多一高度为 h 的液体的重力，因此， f 点液体所受的压力 p_f 为：