

工程装备维修技术教材

液体传动系统构造与维修

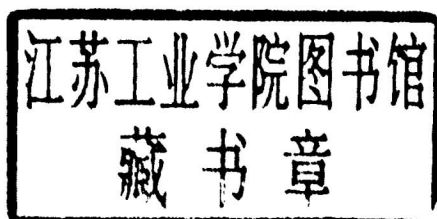
总装备部通用装备保障部

军事科学出版社

工程装备维修技术教材

液体传动系统构造与维修

总装备部通用装备保障部



军事科学出版社

军事科学出版社出版发行

(北京市海淀区青龙桥/邮编: 100091)

电话: (010) 62882626

经销: 全国新华书店

印刷: 北京市昌平长城印刷厂

开本: 787×1092 毫米 1/16

版次: 2003 年 9 月北京第 1 版

印张: 22. 5

印次: 2003 年 9 月第 1 次印刷

字数: 562 千字

印数: 1-40000 册

书号: ISBN 7-80137-679-X/G·048

前 言

为贯彻落实《中国人民解放军陆军军事训练与考核大纲》，保证工程兵部（分）队工程装备维修人才训练工作的需要，根据我军工程装备现状和维修工作实际，我们组织北京机械士官学校编写了《液体传动系统构造与维修》教材。教材以部队现有装备和新型装备为主要内容，吸收了当前维修新理论、新技术和新工艺，适合工程兵部（分）队训练和院校教学使用，亦可作为工程装备维修管理人员自学用书。现印发全军，望各单位在训练、教学和维修工作中，不断总结经验，提出修改意见，以便再版时充实和完善。

该教材由朱新云、沈贤良、张华耀、赵磊、王建国等同志编写。

该教材由李志学、冯永庆、冯柯、郑志、陈继新、曾祥华、王明军等同志审定。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 液压传动的基本原理及系统组成.....	(1)
第二节 液力传动的原理及组成.....	(5)
第三节 图形符号和液压系统图.....	(7)
第四节 液压与液力传动的特点及应用.....	(8)
复习题.....	(11)
第二章 液压与液力传动的基础知识	(12)
第一节 液压油的性质及选用.....	(12)
第二节 液体静力学常识.....	(17)
第三节 液体动力学方程.....	(19)
第四节 液体流动中的压力损失.....	(23)
第五节 液体经小孔和缝隙的流量.....	(24)
第六节 液压系统中常见的不利现象.....	(29)
复习题.....	(30)
第三章 液压泵和液压马达	(32)
第一节 主要技术性能参数.....	(32)
第二节 齿轮泵与齿轮马达.....	(34)
第三节 叶片泵与叶片马达.....	(46)
第四节 柱塞泵与柱塞马达.....	(52)
第五节 液压泵、液压马达的使用与维修.....	(59)
复习题.....	(71)
第四章 液压缸	(73)
第一节 基本类型和工作原理.....	(73)
第二节 液压缸的结构.....	(76)
第三节 液压缸的使用与维修.....	(81)
复习题.....	(86)
第五章 控制调节装置	(87)
第一节 方向控制阀.....	(87)
第二节 压力控制阀.....	(99)
第三节 流量控制阀.....	(115)
第四节 多路换向阀.....	(121)
第五节 控制阀的故障分析与维修.....	(124)

复习题.....	(126)
第六章 辅助装置	(128)
第一节 密封及密封元件.....	(128)
第二节 油管及管接头.....	(134)
第三节 滤油器.....	(139)
第四节 蓄能器.....	(142)
第五节 油箱.....	(144)
第六节 压力表开关及压力继电器.....	(146)
第七节 密封的维护.....	(148)
复习题.....	(149)
第七章 工程机械变矩变速液压系统	(151)
第一节 液力元件基础.....	(151)
第二节 履带式推土机变矩变速液压系统.....	(155)
第三节 轮胎式推土机变矩变速液压系统.....	(172)
第四节 ZL 系列装载机变矩变速液压系统.....	(184)
第五节 变矩器及变速器的维修.....	(193)
复习题.....	(208)
第八章 工程机械转向液压系统	(210)
第一节 ZL 系列装载机液压助力转向系统.....	(210)
第二节 全液压力式转向系统.....	(217)
第三节 履带式推土机转向制动液压系统.....	(230)
第四节 液压转向系统的维修.....	(248)
复习题.....	(257)
第九章 工程机械工作装置液压传动系统	(259)
第一节 推土机工作装置液压传动系统.....	(259)
第二节 装载机工作装置液压传动系统.....	(285)
第三节 挖掘机工作装置液压系统.....	(301)
第四节 工作装置液压系统故障分析.....	(324)
复习题.....	(328)
附录一 常用液压图形符号	(330)
附录二 部分液压元件型号说明示例	(340)
附录三 工程机械常用液压泵技术性能表	(345)
参考文献	(350)

第一章 概 述

任何一部机械都具有动力机和工作装置，动力机所产生的能量（或动力）必须要通过某种介质传递给工作装置，才能达到做功的目的，这种能量（或动力）的传递叫传动。

根据传递能量的介质不同，传动可分为机械传动、气体传动、电力传动和液体传动四大类型。

1. 机械传动

机械传动是以各种机器零件，如齿轮、轴、轴承、链轮、链条、皮带、皮带轮等作为传递能量的介质。该种传动形式历史悠久，制造工艺成熟，传动性能稳定，传动比准确，因而应用非常广泛。但是，该传动系统的结构比较复杂、笨重，操作费力，且不利于总体布局和远程控制。

2. 气体传动

气体传动是以压缩空气作为传递能量的介质。该种传动形式结构简单，操纵轻便，高压空气流动过程中压力损失少，而且空气可直接从大气中取得，又可直接排到大气中，对环境的适应性比较强，而且通过调节供气量，很容易实现无级调速。但气体受压后体积变化大，无法获得稳定的运动。因此，它只适合于对运动均匀性要求不高的机械，如凿岩机、风镐、气锤等。此外，气体容易泄漏，工作压力不高，一般限制在 $0.7\sim 0.8\text{MPa}$ 以内，所以气动元件的结构尺寸大，不易实现大功率的动力传递。在工程机械上，只有在精度要求不太高的场合使用，如制动器和离合器的操纵、控制机构等。

3. 电力传动

电力传动是以电作为传递能量的介质。在有交流电源的地方，如工、农业生产和人们日常生活中，电力传动应用非常广泛，但在机械上，由于交流电动机调速复杂，直流电动机虽然可以调速，电源却不易获得，所以电力传动适用于功率较小，动作简单的机械上，如电瓶车、叉车等，而在大功率的工程机械和机床设备上的应用受到很大程度上的限制。

4. 液体传动

液体传动是以液体作为传递能量的介质。根据液体在传递能量的过程中的运动状态和传递能量的形式不同，分为液力传动和液压传动两种。液力传动主要是依靠液体在一定方向上动能的变化（实际表现为液体动量的变化）来传递能量或动力，液体动能的大小取决于液体的质量和速度，所以，影响液力传动性能的主要因素是一定质量液体流速的大小和方向的变化；而液压传动主要是依靠液体压力能的变化来传递能量或动力，而液体压力能的大小取决于液体的体积和内部静压力的大小，所以，影响液压传动性能的主要因素是液体的体积和静压力的变化。因此，液力传动又称为动力式液体传动或动液传动，液压传动又称为容积式液体传动或静液传动。

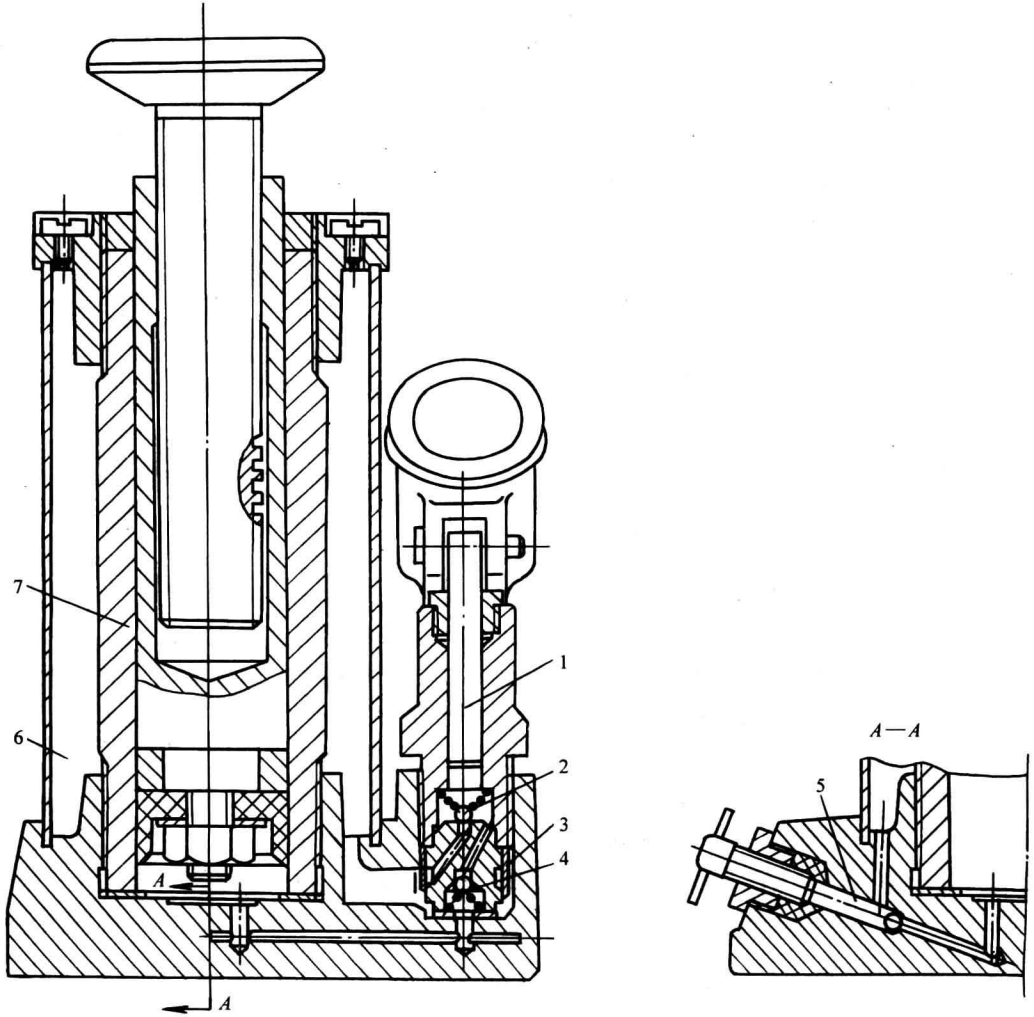
第一节 液压传动的基本原理及系统组成

一、液压传动的基本原理

液压传动主要是依靠密闭容器中液体压力能的变化来传递能量或动力的。而液体压力能

($E_{压} = pV$) 取决于液体的静压力 p 和液体体积 V ，所以，影响液压传动性能的主要因素就是液体的静压力 p 和液体的体积 V 。液压传动的工作原理可以通过油压千斤顶的工作过程来说明。

图 1-1 为油压千斤顶的结构图，它由小液压缸 1、大液压缸 7、单向阀 2 和 4、开关 5、油箱 6 和滤油器 3 等组成。两液压缸由通道连接成一密闭容器，里面充满液压油，油液与大气不通，但油箱上部存有一部分空气。



1. 小液压缸 2、4. 单向阀 3. 滤油器 5. 开关 6. 油箱 7. 大液压缸

图 1-1 液压千斤顶

在开关 5 关闭的情况下，当提起手柄时，小液压缸 1 的柱塞上移使其工作容积增大而形成真空，油箱 6 里的油液便在空气压力作用下通过滤网 3 和单向阀 2 进入小液压缸；压下手柄时，小液压缸的柱塞下移，挤压其下腔的油液，这部分压力油便顶开单向阀 4 进入大液压缸，推动大柱塞上移，从而顶起重物。再提起手柄时，大液压缸内的压力油将力图倒流入小液压缸，此时单向阀 4 会自动关闭，使油液不致倒流，这就保证了重物不致自动下落；同样压下手柄时，单向阀 2 也会自动关闭，使液压油不致倒流回油箱，而只能进入大液压缸将重

物顶起。这样，手柄被反复提起和压下，小液压缸不断交替进行着吸油和排油过程，压力油不断进入大液压缸，将重物顶起。当需放下重物时，打开开关 5，大液压缸的柱塞便在重物作用下下移，将大液压缸中的油液挤回油箱。可见，要使油压千斤顶工作必须具备两个条件：一是处于密闭容器内的液体，由于大小液压缸工作容积的变化要能够流动；二是这些液体要具有压力。能流动并具有一定压力的液体能做功，我们就说它具有了压力能。油压千斤顶例子中，小液压缸的作用是将手动的机械能转换为油液的压力能，大液压缸则是将油液的压力能转换为顶起重物的机械能。

由上述千斤顶的工作过程可知，液压传动中，动力主要是依靠密闭容器中液体压力能的变化来传递的。液体压力能 $E_{\text{压}} = pV$ ，当体积为 V 的液体处在油箱中，其所具有的压力能为 $E_{\text{压}} = pV$ ，此时 p 为空气压力；当这部分液体被小液压缸吸上并压入大液压缸时，由于大液压缸上面有重物，使这部分液体的静压力 p 上升为 p' ，此时，液体压力能变为 $E_{\text{压}}' = p'V$ ，则 $E_{\text{压}}' > E_{\text{压}}$ ，压力能发生了变化；当工作完毕，大液压缸内的液体在重物作用下流回油箱，这部分液体的静压力又变为空气压力 p ，压力能也变为 $E_{\text{压}} = pV$ 。所以，在千斤顶的整个工作过程中，参与工作的这部分液体的压力能有一个从小变大，又从大变小的过程，这样才完成了能量或动力的传递。

二、液压系统的组成

从油压千斤顶的工作原理可知，一个能完成能量传递的液压传动系统一般由四部分组成：

1. 液压泵 其职能是将机械能转换为液体的压力能。油压千斤顶的小液压缸 1 即起液压泵的作用。

2. 执行元件 其职能是将液体的压力能转换为机械能。执行元件包括液压缸和液压马达，液压缸带动负荷做往复运动，液压马达带动负荷做旋转运动。图 1-1 中大液压缸 7 就是油压千斤顶的执行元件。

液压泵与执行元件统称为液压动力元件或能量转换装置，它们在液压系统中起到转换能量的作用。

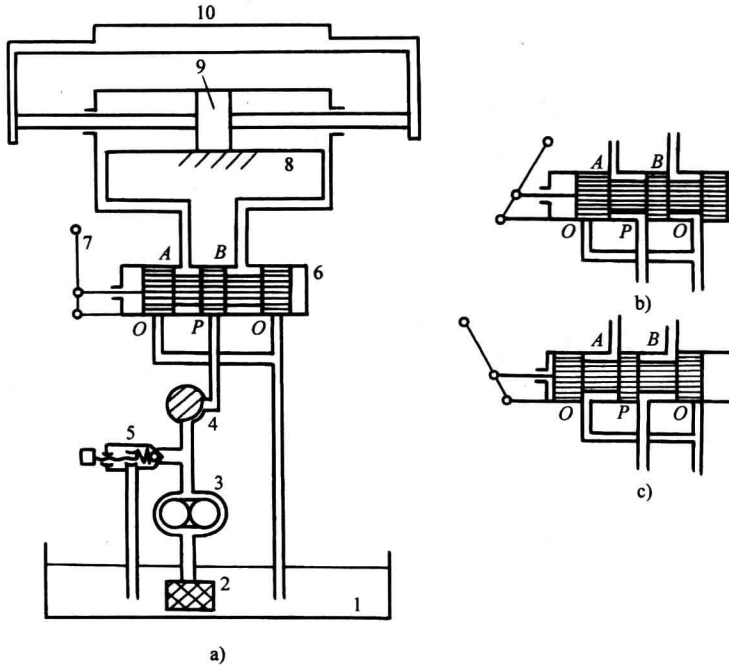
3. 控制调节装置 即各种阀。在液压系统中，各种阀用以控制和调节各部分液体的压力、流量和方向，以满足机械的工作要求，完成一定的工作循环。油压千斤顶中的单向阀 2、4 和开关 5 就是控制液流方向的，开关 5 还可控制液体流量，从而控制重物下降的速度。

4. 辅助装置 包括油箱、滤油器、油管及管接头、密封件、冷却器、蓄能器等。它们对保证液压系统可靠、稳定、持久地工作，起到重要作用。

液压系统就是按照机械的工作要求，用管路将上述各液压元件合理地组合在一起，形成一个能够使之完成一定工作循环的整体。

为了对液压传动系统有更深入的了解，我们来分析一个能实现机床工作台往复运动的简单液压系统：图 1-2a) 中，电动机（图中未示出）带动液压泵 3 旋转，泵从油箱 1 吸油，然后将具有压力能的油液输入管路，油液通过节流阀 4 流到手动换向阀 6 时，由于换向阀阀芯处于中间位置，阀孔 P 与 A 、 B 均不相通，液压缸不通压力油，所以工作台静止不动，压力油经溢流阀 5 流回油箱。若将操纵杆 7 向右推，使换向阀的阀芯右移至处于图 1-2b) 所示位置时，阀孔 P 和 A 相通， B 和 O 相通，这时，油液经压力油孔 P 流入换向阀，再经阀孔 A 流入液压缸 8 左腔，因液压缸缸体是固定不动的，故活塞 9 在油压力的作用下，带

动与活塞杆固定在一起的工作台 10 向右移动。液压缸右腔的油液经阀孔 B 进入换向阀，再经回油孔 O 流回油箱。如果向左扳动操纵杆，则阀芯左移，如图 1-2c) 所示，这时，压力油经阀孔 P 进入换向阀，然后经阀孔 B 进入液压缸的右腔，工作台向左运动；液压缸左腔的油液便经阀孔 A 和回油孔 O 流回油箱。由此我们可以看出，由于设置了换向阀，就能不断改变压力油的通路，使液压缸不断换向，以实现工作台所需的往复运动。



1. 油箱 2. 滤油器 3. 液压泵 4. 节流阀 5. 溢流阀 6. 换向阀
7. 操纵杆 8. 液压缸 9. 活塞 10. 工作台

图 1-2 液压传动工作原理图

根据机械加工要求的不同，工作台的运动速度应该可以调节，系统中的节流阀 4，就是为了满足这一要求而设置的。节流阀的作用，就是通过改变节流阀开口的大小，来调节通过节流阀的流量，以控制工作台的运动速度。

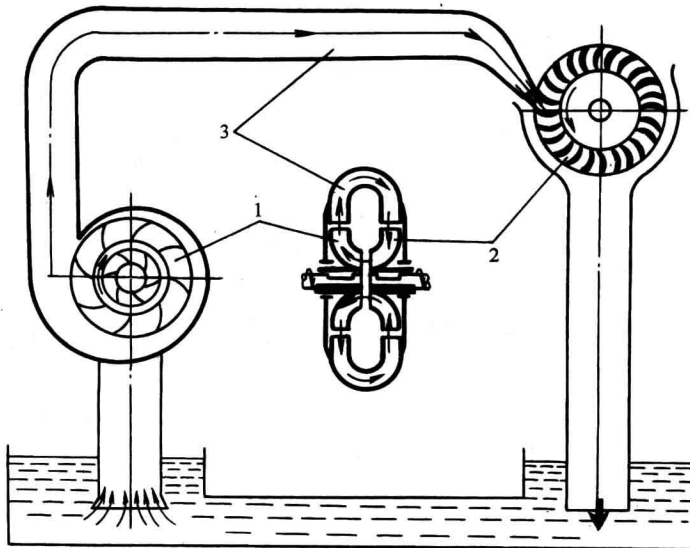
工作台运动时，要克服阻力，例如要克服刀具切削力和相对运动件表面间的摩擦力等。这些阻力，由液压泵输出油液的压力能来克服，根据工作情况的不同，液压泵输出油液的压力也应当能够调整。另外，由于工作台速度的改变，液压泵排出的油液往往多于液压缸所需要的油液，因此必须将多余的油液排回油箱。这个功能由溢流阀 5 来完成，调整溢流阀可以改变液压泵 3 的输出油压。网式滤油器 2 对油液进行过滤，以防止杂质进入系统，损坏各液压元件。

一般工程机械或机床的动作是很复杂的，例如，单斗液压挖掘机在挖土作业时，有动臂起落、斗杆摆动、铲斗翻转、工作台回转及支腿的收放等动作。这些动作有时单独进行，有时复合进行，而所有的动作都要求由相应的液压元件组成的液压系统来完成。因而工程机械的液压传动系统是比较复杂的，但无论怎样复杂，其组成都可归纳为前面所述四大部分，其原理也基本相同。

第二节 液力传动的基本原理及组成

一、液力传动的基本原理

液力传动的基本原理，可以通过一组由离心泵-涡轮机构成的简单系统来说明，如图 1-3 所示。发动机带动离心泵旋转，离心泵从液槽中吸入液体，并带动液体旋转。旋转的液体在离心力的作用下，以一定的速度进入导管。从离心泵排出的高速流动着的液体，经导管冲击涡轮机的叶片，使涡轮转动，涡轮轴带动负荷做功。流过涡轮后的液体速度减小并改变方向后回流至液槽，如此循环往复。在以上过程中，离心泵将发动机的机械能变成了液体的动能，涡轮机接收液体动能并将其转化为机械能由涡轮轴输出给负荷。广泛应用于工程机械的液力传动装置，就是由“离心泵-涡轮机”演化而来。



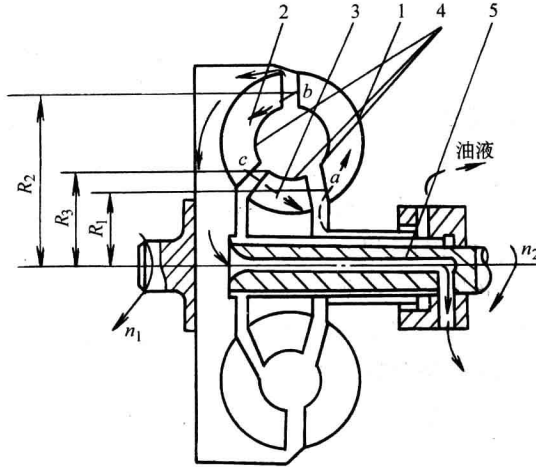
1. 离心泵 2. 涡轮机 3. 导管

图 1-3 液力传动原理简图

二、液力元件的基本组成

液力变矩器是工程机械重要的动力传动装置，与“离心泵-涡轮机”组相对应，离心泵对应的是变矩器的泵轮，以 B 表示；涡轮机对应的是变矩器的涡轮，以 T 表示；在泵轮与涡轮之间的导流部件即导轮，以 D 表示。假如液力变矩器中只有泵轮和涡轮，而没有导轮，则此时变矩器蜕变为液力偶合器。因此，简单变矩器主要由三个具有一定弯曲角度的叶片的工作轮即泵轮、涡轮、导轮构成（图 1-4），泵轮与发动机相连，接受发动机的动力，并将机械能转化为液体动能；涡轮与负荷相连，将液体动能转化为机械能输出给负荷；导轮与机体固定连接，主要作用是对涡轮产生反作用力。工作轮共同形成环形内腔，腔内充满工作油液。

当泵轮旋转时，工作油液自泵轮 a 端进入泵轮叶片间的通道，自 b 端甩出，冲向涡轮叶片，使涡轮转动，油液从涡轮的 c 端流出后，经导轮再进入泵轮的 a 端，以这样的顺序进行循环。



1. 泵轮 2. 涡轮 3. 导轮 4. 工作轮内环 5. 涡轮轴

图 1-4 液力变矩器简图

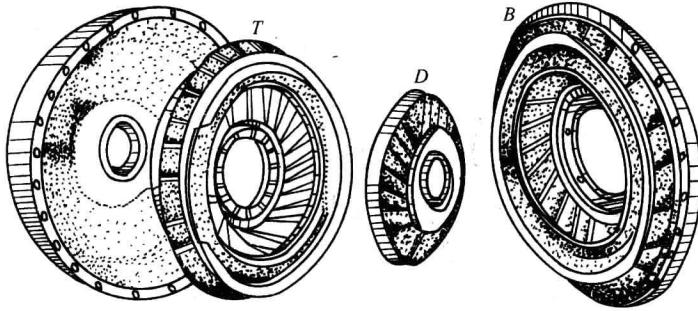


图 1-5 液力变矩器工作轮

从能量变化的角度看，液力变矩器的泵轮是将内燃机曲轴输出的机械能，转换成工作液体的动能；具有一定动能的工作液体，再去冲击涡轮，使涡轮旋转，液体的动能又转变成机械能，自涡轮轴输出。而导轮由于固定不动，因此没有能量输出。

从受力的角度看，如果把液力变矩器的泵轮、涡轮和导轮以及其中的工作油液视为一个独立的体系加以分析，所受的外力共有三个：一是发动机对泵轮的驱动力矩 (M_B)；二是外载荷对涡轮施加的阻力矩 (M_T)；三是机体对导轮的反力矩 (M_D)。而工作油液对泵轮、涡轮和导轮的作用力是内力，如果将空气的阻力和轴承的摩擦力忽略不计，根据力矩平衡原理，可以得出：

$$M_B + M_T + M_D = 0$$

由于在多数情况下 $M_D \neq 0$ ，所以， M_B 与 M_T 在数值上是不相等的，液力变矩器由此得名。

从运动的角度看，如果油液按照泵轮—涡轮—导轮的顺序循环，则泵轮转速大于涡轮转速且两者转向保持一致。工作油液在泵轮、涡轮和导轮组成的腔体内，一方面，随着泵轮叶片的转动作牵连运动；另一方面，由于离心力的作用，液体在腔体中沿着泵轮、涡轮和导轮的叶片方向，由泵轮流向涡轮，再由涡轮流回导轮。所以，其轨迹为不规则的圆周螺旋运动。

从力矩与转速的关系上看，机体对导轮的反力矩 M_D 是随着涡轮转速的降低而增加，而涡轮的转速又是随着作用在涡轮轴上的外载荷的增加而降低。因此，当外载荷增加时，机体对导轮的反力矩 M_D 增大，在发动机的驱动力矩 M_B 保持不变的情况下，扩大了发动机的扭矩范围，使变矩器随着外载荷的增大其输出扭矩也自动增大；随着外载荷的减小，输出扭矩也自动减小。即输出扭矩增大时，输出转速降低；而输出扭矩减小时，输出转速增高。因此，无论外载荷怎么变化，发动机对变矩器的输入功率却基本不变。

液力变矩器的工作轮有着固定的连接，即泵轮与发动机相连、涡轮与负荷相连、导轮与机体相连，因此导轮固定不动。工作轮一旦脱离了原有的连接，也就丧失了原有的作用。

第三节 图形符号和液压系统图

因为液压传动系统是由很多元件组成的，各元件的结构又是很复杂的，如果采用元件的实际结构图来表达一个液压传动系统的工作原理，不但图绘制起来非常困难，而且也难于将其工作原理表达清楚。所以，在实践中为了便于分析问题，常以各种符号表示元件的职能，并以各种符号组成的系统图来表示液压传动系统。

一、图形符号

图形符号，就是表示液压元件职能的简单符号。各种元件的图形符号国家都有统一规定，请参看附录一。

二、液压系统图

液压系统图，是指根据液压系统的工作要求，将各元件的图形符号按液压系统实际结构顺序连结起来，表示一个工作循环的原理图。

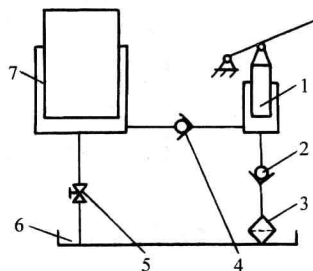
液压系统分为传动系统和控制系统两大类，所以液压系统图可以表示传动原理和控制原理。传动原理是以传递能量为主，控制原理是以控制动作为主。目前工程机械上传动系统占主要地位，控制系统只在采用液力变矩器的一些机械上有应用。

图 1-6 为油压千斤顶的液压传动系统图，图 1-7 为往复运动工作台液压系统图。

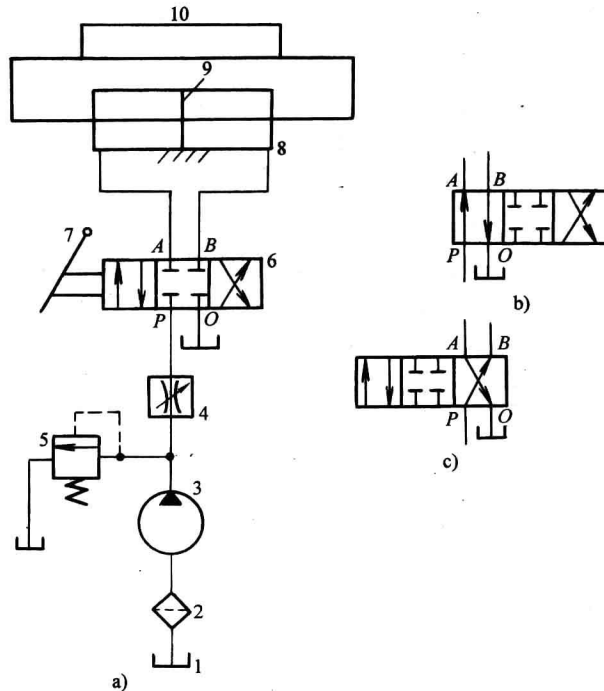
现行的液压元件图形符号和液压系统图，只表示元件的职能和连接系统的通路，不表示元件的具体结构和参数，也不表示系统管路的具体位置及元件的安装位置。

系统图中的元件符号均以静止位置或零位置表示。例如，图 1-2 中的换向阀 6 有三个位置，在系统图 1-7 中仅以其零位置（即未扳动阀杆时）来表示与整个油路连接的情况；安全阀 5 有时开、有时关，但在系统图中则以静止位置（阀不受油压作用时）表示。有时为了说明系统的工作原理，确实需要画出元件的某个工作位置，此时可不按上述规定画，但应作特别说明。

当需要标明元件的名称、型号和参数（如压力、流量、功率、管径等）时，一般在系统图的元件表中标明。必要时，也可标注在元件符号的旁边。



1. 小液压缸 2、4. 单向阀 3. 滤油器
5. 开关 6. 油箱 7. 大液压缸
图 1-6 油压千斤顶液压系统图



1. 油箱 2. 滤油器 3. 液压泵 4. 节流阀 5. 溢流阀 6. 换向阀
7. 操纵杆 8. 液压缸 9. 活塞 10. 工作台
图 1-7 往复运动工作台液压系统图

对于标准中没有规定的图形符号，可以根据标准的原则和所列图例的规律性进行派生。当无法直接引用或派生时，或者有必要特别说明系统中某一重要元件的结构及动作原理时，也允许局部采用结构简图。

第四节 液压与液力传动的特点及应用

一、液压传动的特点

液压传动之所以在近年来得到如此迅速的发展和广泛的应用，是由于它和机械传动相比，有许多突出的优点：

1. 液压传动能方便地实现无级调速，调速范围大，可达 100:1 甚至到 2000:1。
2. 相同功率的情况下，液压传动装置的体积小，重量轻，惯性小，结构紧凑，而且能传递较大的力和力矩。
3. 液压传动装置工作平稳，反应快，冲击小，易实现快速启动、制动和频繁的换向。
4. 液压传动装置的控制、调节比较简单，操纵也比较方便、省力，便于实现自动化，特别是当与电、气传动配合使用时，易于实现复杂的自动工作循环。

5. 液压传动易于实现过载保护。液压元件能自行润滑，使用寿命较长。

6. 液压元件易于实现系列化、标准化和通用化，故便于设计、制造和推广使用。

液压传动的主要缺点为：

1. 液压系统中油液的可压缩性和泄漏，使液压传动无法保证严格的传动比。

2. 液压传动对油温变化比较敏感，其工作稳定性易受油温影响，故不宜在低温和高温条件下使用。

3. 液压传动由于存在着液体的压力损失和泄漏损失，所以，传动效率较低，不适宜远距离传递。

4. 元件加工质量要求高，因而液压元件成本较高。

5. 使用中油液易污染，污染的油液会使某些元件孔道堵塞，如果油液中混入磨料，则会加速元件磨损。因而，油液的污染是液压系统发生故障的主要原因之一。

6. 液压系统出现故障时，不易找出原因。

总的说来，液压传动优点是主要的，而某些缺点随着生产技术的发展，是可以逐步克服的。如果能吸取其它传动方式的优点，采用电液、气液或机电液等联合传动，则更能充分发挥其优势。

液压传动的优、缺点，决定了它一定的使用范围，也构成我们工作中的有利和不利相互矛盾的两个方面。然而一切矛盾着的东西，都会在一一定的条件下互相转化，随着具体条件的变化和液压技术本身的发展，液压技术一定会在国民经济各个领域里发挥更大的作用，我们也一定能更加自如地掌握它，使之更好地为我国现代化建设服务。

二、液力传动特点

液力传动与传统的机械传动相比，也具有明显的优越性：

1. 机械具有良好的自动适应性能。液力变矩器具有自动变矩、变速特性。液力变矩器的涡轮扭矩，随外载荷扭矩的增加而自动增加，同时其转速降低；当载荷扭矩减小时，涡轮扭矩又会自动减小，同时其转速自动增加。因此，既保证了发动机能经常在额定工况下工作，又避免发动机因外载荷突然增大而熄火，同时也满足了机械工作状况的要求。

2. 无级调速性能。在动力机外特性和工作机负载特性不变的情况下，可以通过改变液力传动的特性来无级地调节工作机的转速。

3. 提高机械使用寿命。液力传动的工作介质是液体，不仅泵轮和涡轮之间无直接的机械接触，不致于磨损，而且液体能吸收并减少来自发动机和机械传动系统的振动，因而可提高工程机械的使用寿命。这对于经常处于恶劣环境下工作的各类工程机械尤为重要。

4. 提高机械的通过性能。液力传动具有良好的、稳定的低速性能，可提高工程机械在软路面，如泥泞地、沙地、雪地及其它非石土路面的通过性。

5. 简化机械操作性能。液力变矩器本身就是一个无级自动变速器，可以减少档数，有效地减轻机械操纵，易于实现简化操作和自动操纵，减轻驾驶员的劳动强度，提高行驶的安全性能。

6. 提高机械的舒适性。液力传动具有良好的自动适应能力和缓冲减振能力，可使工程机械平稳起步，加速迅速、均匀，从而提高了工程机械的适应性和舒适性。

7. 限矩保护功能。在一定的泵轮转速下，泵轮、涡轮及导轮的扭矩，只能在一定的范围内随着工况而改变，如果外载荷扭矩超过涡轮扭矩，各个叶轮的扭矩不会超过其固有的变化范围，从而保护三工作轮不致损坏。

液力传动存在的主要缺点是：制造复杂、成本高；传动效率较低；车辆的燃油经济性也较差。

三、液压与液力传动的应用与发展

与机械传动相比，液体传动是一个新兴的技术领域。它的发展与流体力学的研究有着密切的联系。1650年，人们认识了在密闭容器内静止液体中压力传递的规律，即帕斯卡原理。1686年，牛顿提出了粘性液体内的摩擦定律，即牛顿摩擦定律。到了18世纪，流体力学中的两个著名原理（即流动液体的连续性原理和伯努利定律）相继被人们发现，为液体传动技术的应用和发展提供了可靠的科学依据。18世纪末，在英国第一次试制成功了水压机，并实际应用于当时盛兴的毛纺、榨油及造船等行业。

由于当时机械制造技术还比较落后，加工精度低，高压情况下泄漏严重，容积效率很低，再加之当时电、气技术迅速发展，使得液压传动技术一度不被人们重视，几乎处于停滞发展状态。到了20世纪初，液压传动采用油液作为工作介质，大大改善了元件的润滑性能，提高了容积效率，加上一些较为先进的液压泵和辅助装置相继研制成功，液压传动技术又跃入了一个新的发展时期，逐渐被人们重新重视起来。到30年代，机床行业开始普及、应用液压传动技术。首先是在磨床、拉床、铣床等一些加工动作较为简单的设备上，而后航空、航海领域也越来越多地采用了液压传动装置。到了50年代，各种先进的控制阀大量问世，液压传动技术得以迅速发展，不但生产出了大批液压传动的自动化机床设备，而且也促进了工程机械、矿山、运输机械的现代化和系列化。新型液压机的问世和性能的提高，对液压元件性能提出了新的要求，又促使液压元件本身性能的改进和提高，形成了相辅相成、互相促进的良性循环。正是由于许多先进的液压元件的不断问世，使许多原有的液压传动系统不断改进，形成新机型，性能更加完善先进。此后，原子能技术、空间技术、微电子技术等的发展再次将液压技术推向前进，使它发展成为包括传动、控制、检测在内的一门完整的自动化技术。液压传动在某些领域的应用已占有压倒性的优势，因此，采用液压传动的程度现在已成为衡量一个国家工业水平的重要标志之一。

我国在解放前工业水平很低，液压工业完全是个空白。解放后，随着工业的发展，液压传动技术也逐步被广泛应用，并注意引进外国技术，建立了不少专门的研究机构和制造液压元件的工厂。我国的液压工业开始于20世纪50年代，其产品最初只用于机床和锻压设备，60年代中期，从国外引进一些液压元件的生产技术，同时进行液压产品的自行设计，到70年代中期，我国的液压元件生产已从低压到高压形成系列，并广泛应用于各种机械设备上，一批液压传动工程机械已装备到部队。目前，我国的液压挖掘机、液压轮式装载机及液压汽车起重机已形成系列产品；履带推土机、自行铲运机、压路机等液压传动机械也都成批生产。整个工程机械产品基本实现了液压化，有些产品性能已接近世界先进水平。

近年来，计算机技术和控制理论的发展为液压技术注入了新的活力，机、电、液一体化技术已成为必然趋势，计算机控制技术、集成传感技术为电子技术和液压技术的结合创造了条件，并大大提高了液压控制系统的控制精度和工作可靠性，节约了能源，提高了作业效率，使新一代电液控制系统兼备了电气和液压的双重优势，形成了具有竞争力的自身技术特点，在汽车、矿山机械、工程机械等许多领域获得越来越广泛的应用。液压技术在实现高压、高速、大功率、高效率、低噪声、经久耐用、高度集成化等各项要求方面，都取得了重大的进展，在完善比例控制、伺服控制、数字控制等技术上也有许多新成就。此外，在液压元件和液压系统的计算机辅助设计、计算机仿真和优化以及微机控制等开发性工作方面，也取得了显著的成绩。

复 习 题

1. 液压与液力传动的基本原理是什么？影响它们传动性能的主要因素分别是什么？
2. 实现液压传动的条件有那些？
3. 一个完整的液压系统有哪几部分组成？各部分的作用分别是什么？
4. 变矩器的基本组成有那些？各部分有何作用？变矩器有什么特性？
5. 液压传动与机械传动相比，有哪些优缺点？
6. 液力传动与机械传动相比，有哪些优缺点？